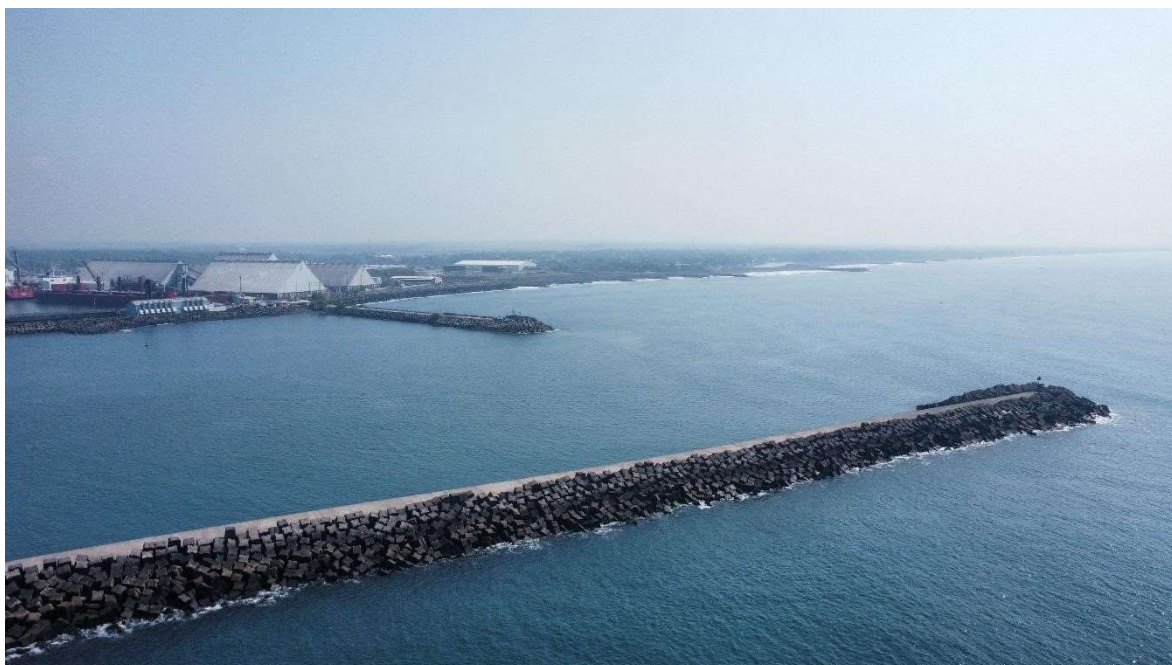


INFORME A, CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS.  
JUNIO 2023

**ESTUDIO GENERAL DE CONDICIONES HIDROGRÁFICAS Y  
OCEANOGRÁFICAS PARA EL CALCULO DISEÑO DEL SISTEMA DE  
FONDEO O ATRAQUE DEL BUQUE DISEÑO PARA LA TERMINAL DE  
PUERTO QUETZAL, GUATEMALA.**



Elaborado por:

Ing. Adalberto Alguero

Idoneidad Profesional: 2009-006-098 - Ingeniero Civil

Hidrografo Certificado Categoría “B” - Entidad OHI

Ing. Nathaly Vargas

Idoneidad Profesional: 2020—179-011 - Ingeniera Marítima – Portuaria

Fecha: mayo 2023

## CONTENIDO

<b>1. ESTUDIOS DE CAMPO</b> .....	<b>5</b>
1.1 CÁLCULOS Y EVALUACIONES: .....	5
<b>2. ESTUDIO BATIMÉTRICO EN EL ÁREA ASIGNADA</b> .....	<b>6</b>
2.1 PERSONAL TÉCNICO: .....	6
2.2 DATOS TÉCNICOS: .....	6
2.3 EQUIPOS PARA UTILIZAR: .....	6
2.4 NORMAS DE CALIDAD: .....	7
<b>3. DESARROLLO DEL LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO:</b> .....	<b>8</b>
3.1 LEVANTAMIENTO Y TRABAJO EN CAMPO: .....	9
3.2 COLECCIÓN DE DATOS CRUDOS .....	10
<b>4. RESULTADOS Y DATOS FINALES DE LA BATIMETRÍA</b> .....	<b>16</b>
<b>5. ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE DATOS OCEANOGRÁFICOS HISTÓRICOS PARA PROYECTO DE DISEÑO DE DARSENA, FONDEO Y ATRAQUE, PUERTO QUETZAL, GUATEMALA.</b> .....	<b>16</b>
<b>6. METODOLOGIA</b> .....	<b>17</b>
<b>7. BASE DE DATOS, TABLAS Y GRAFICOS RESULTANTES</b> .....	<b>22</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	<b>32</b>
<b>9. FUENTE DE DATA OCEANOGRÁFICA</b> .....	<b>35</b>

## ILUSTRACIONES

IMAGEN N°1. TABLA 1 ESTÁNDAR MÍNIMO PARA LEVANTAMIENTO HIDROGRÁFICOS .....	8
IMAGEN N°2. TRAZO DE LÍNEAS DE NAVEGACIÓN .....	9
IMAGEN N°3. EJEMPLO DE INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS EN LA EMBARCACIÓN.....	10
IMAGEN N° 4 DEL SOFTWARE CON LAS LÍNEAS CRUDAS LEVANTADAS.....	11
IMAGEN N°5. REFERENCIA DE LAS TABLAS DE MAREAS .....	12
IMAGEN N°6. ARCHIVO DE NIVELES DE MAREA PARA CORRECCIÓN APLICADO EN EL SOFTWARE .....	12
IMAGEN N°7. INCLUSIÓN DE LOS VALORES DE NIVELES DE LA MAREA.....	13
IMAGEN N°8. APLICACIÓN DEL VALOR DEL CALADO .....	13
IMAGEN N°9. VERIFICACIÓN DE DATUM, SISTEMAS Y OTROS .....	14
IMAGEN N°10. DATA FINAL PROCESADA MATRIZ DE DATOS DE 10M X 10M .....	15
IMAGEN N°11. BOYA DE COLOR AMARILLA .....	15
IMAGEN N°12. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO .....	18
IMAGEN N°13. GRILLA DE DATOS DISPONIBLE .....	19
IMAGEN N°14. SELECCIÓN DEL MODELO.....	20

## TABLAS Y GRÁFICOS

TABLA NO.1. ALTURA DE OLAS VS DIRECCIÓN PROMEDIO DE OLAS .....	22
TABLA NO.2. ALTURA DE OLAS VS PERIODO DE LA OLA .....	22
TABLA NO. 3. DIRECCIÓN PROMEDIO DE OLA VS PERIODO DE OLA .....	23
TABLA NO. 4. VELOCIDAD DEL VIENTO VS DIRECCIÓN DEL VIENTO .....	23
TABLA NO. 5. ALTURA DE OLAS VS DIRECCIÓN PROMEDIO DE OLAS.....	26
TABLA NO 6. ALTURA DE OLAS VS PERIODO DE LA OLA .....	26
TABLA NO. 7. DIRECCIÓN PROMEDIO DE OLA VS PERIODO DE OLA .....	27
TABLA NO. 8. VELOCIDAD DEL VIENTO VS DIRECCIÓN DEL VIENTO .....	27
GRÁFICA NO. 1. TABULACIÓN MENSUAL DE TEMPERATURA PROMEDIO Y PRECIPITACIÓN.....	21
GRÁFICO NO. 2. PERIODOS DE OLAS MENSUAL (PERIODO SECO).....	24
GRÁFICO NO. 3. VELOCIDAD DEL VIENTO MENSUAL (PERIODO SECO) .....	24
GRÁFICO NO. 4. ROSA DE ALTURA DE OLA Y MAR DE FONDO (PERIODO SECO).....	25
GRÁFICO NO. 5. ROSA DE VELOCIDAD DEL VIENTO (PERIODO SECO) .....	26
GRÁFICO NO. 6. ALTURA DE OLAS MENSUAL (PERIODO LLUVIOSO).....	28
GRÁFICO NO. 7. PERIODOS DE OLAS MENSUALES (PERIODO LLUVIOSO) .....	28
GRÁFICO NO. 8. VELOCIDAD DEL VIENTO MENSUAL (PERIODO LLUVIOSO).....	28
GRÁFICO NO. 9. ROSA DE ALTURA DE OLA Y MAR DE FONDO (PERIODO LLUVIOSO) .....	29
GRÁFICO NO. 10. ROSA DE VELOCIDAD DEL VIENTO (PERIODO LLUVIOSO).....	30

## 1. ESTUDIOS DE CAMPO

Levantamientos batimétricos y/o estudios de oceanografía básica para obtención de parámetros necesarios para el diseño de fondeo en las instalaciones de Empresa Portuaria Quetzal, Puerto San José, Escuintla, Guatemala.

### 1.1 *Cálculos y evaluaciones:*

- Características del buque diseño, o cálculo de dársena y maniobra del buque diseño dentro del área asignada o porcentaje de movimientos transversales del buque de pequeña velocidad con profundidad limitada.
- Momento de inercia del buque para determinar su radio de giro o área longitudinal sumergida del buque sometida a la acción de la corriente o área transversal sumergida del buque que es sometida a la acción de la corriente.
- Desplazamiento del buque o sobre calado por distribución de cargas para buque de diseño o altura media de la superficie de la estructura del buque, sobre un plano transversal.
- Altura media de la superficie del buque sobre un plano longitudinal o resguardo para seguridad y control de maniobrabilidad del buque o resguardo vertical libre que deberá quedar siempre entre el casco del buque y el fondo.
- Margen de seguridad o número de Froude para dársena, maniobra de atraque y acceso al muelle
- Dimensionamiento de zona de maniobra de reviró (dársena) o diseño de dársena
- Área de dársena y dársena de ciaboga
- Diseño del canal de acceso
- Desplazamiento del buque en metros cúbicos
- Cálculos del factor de timón
- Anchura nominal de la vía de navegación
- Cálculo del trincado dinámico
- Squart
- Longitud del canal de acceso

- Ancho del canal
- Balizamiento en canal de acceso
- Longitud de transición para buques
- Maniobrabilidad de atraque
- Atraque lateral
- Calado de atraque
- Longitud total de la línea de atraque
- Ancho de área de atraque
- Embarque y desembarque de mercancía de granel sólido y líquido u operaciones del buque
- Efectos hidrodinámicos inducidos por los buques en tránsito

## 2. ESTUDIO BATIMÉTRICO EN EL ÁREA ASIGNADA

### 2.1 *Personal técnico:*

- Adalberto Alguero – Hidrógrafo certificado Categoría “B” (PE-8-373)

### 2.2 *Datos técnicos:*

- Configuración de batimetría: monohaz con transductor de alta frecuencia (210KHz).
- Referencias Verticales: MLWS (mean low wáter spring) amarrado al según tabla de marea de referencia de Puerto San José.
- Referencias Horizontales: WGS84, zona 15 Norte.
- Formato de data: x,y,z formato de texto (este, norte, profundidad).
- Parámetro de calidad: según Normas S-44 (normas internacionales hidrográficas).

### 2.3 *Equipos para utilizar:*

- Ecosonda monohaz digital Syquest Hydrobox
- Transductor de alta frecuencia alta 210KHz.
- DGPS South Galaxy 3 con corrección diferencial.
- Software hidrográfico HyPack 2015. (licencia vigente).
- Lancha hidrográfica (eslora de 23pies) Nombre: BASH
- Plato de calibración de velocidad del sonido, marcas cada 2 metros.

#### **2.4 Normas de calidad:**

En cuanto a control de calidad, nos basamos en las normas internacionales S-44, regidas por la Organización Hidrográfica Internacional (OHI) y la Oficina Naval de Los Estados Unidos de América, y que describe así la norma:

“Orden 1a: Este orden se destina para aquellas áreas donde el mar es suficientemente poco profundo como para permitir que rasgos naturales o artificiales en el fondo marino constituyan una preocupación para el tráfico marítimo esperado que transite el área, pero donde la separación quilla - fondo es menos crítica que para el orden Especial. Donde puedan existir rasgos artificiales o naturales que sean de preocupación para la navegación, se requiere una búsqueda completa del fondo marino, no obstante, el tamaño de la *característica* a ser detectadas es más grande que para las de Orden Especial. En donde la separación quilla – fondo llega a ser menos crítica a medida que la profundidad aumenta, el tamaño de la característica a ser detectada por la búsqueda completa del fondo marino también es incrementada a partir de aquellas áreas donde la profundidad es mayor que 40 metros. Los levantamientos de Orden 1a pueden ser limitados para aguas más bajas que 100 metros”.

NORMAS DE LA OHI PARA LOS LEVANTAMIENTOS HIDROGRÁFICOS (S-44)  
5ta Edición, Febrero 2008

**TABLA 1**  
**Estándar Mínimo para Levantamientos Hidrográficos**  
**(Para ser leído en conjunto con el texto completo de este documento)**

Referencia	Orden	Especial	1a	1b	2
Clasificación del Levantamiento	Descripción de áreas	Áreas donde la separación quilla-fondo es crítica	Áreas de profundidades menores de 100 metros donde la separación quilla-fondo es menos crítica, pero podrían existir rasgos de interés para la navegación.	Áreas de profundidades menores de 100 metros donde la separación quilla-fondo no se considera de interés para el tipo de buque que se espera transite por el área	Áreas generalmente más profundas a 100 metros donde se considera adecuada una descripción general del fondo marino.
Posicionamiento	Máximo THU permitido 95% <u>Nivel de confianza</u>	2 metros	5 metros + 5% de profundidad	5 metros + 5% de profundidad	20 metros + 10% de profundidad
Incertidumbre Vertical	Máximo TVU permitido 95% <u>Nivel de confianza</u>	a= 0.25 metros b= 0.0075	a= 0.5 metros b= 0.013	a= 0.5 metros b= 0.013	a= 1.0 metros b= 0.023
Conocimiento del fondo marino	<u>Búsqueda Completa del Fondo Marino</u>	Requerido	Requerido	No requerido	No requerido
Medida de Profundidad	<u>Detección de rasgos</u>	Rasgos cúbicos > 1 metro	Rasgos cúbicos > 2 metros en profundidades hasta 40 metros; 10 % de la profundidad cuando ésta es mayor a 40 metros	No aplicable	No aplicable
Densidad de Sondas	Máximo espaciamiento recomendado entre líneas principales	No definido ya que se requiere una <u>búsqueda completa de fondo marino</u> .	No definido	5 x profundidad promedio o 25 metros, cualquiera que sea mayor, para LIDAR batimétrico espaciamiento entre puntos de 5 x 5 metros	4 x profundidad promedio

Imagen N°1. Tabla 1 Estándar Mínimo para levantamiento Hidrográficos

### 3. DESARROLLO DEL LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO:

**Configuración Geodésica:** En el software hidrográfico HyPack se debe configurar los parámetros geodésicos con que se trabajará nuestro proyecto, además los equipos están configurados en WGS-84, Zona 16.

**Configuración de navegación:** se planean las líneas de sondeo, para este trabajo la norma indica que por ser área de atraque y de navegación entonces el sondeo será de tipo Orden 1-A; cuyo espaciamiento será de 50m para líneas de levantamiento perpendiculares a la costa, además de líneas de comprobación con 100m de separación.

Por lo que preparamos el área con la referencia base, líneas de levantamiento y líneas de comprobación, a continuación, se presenta la imagen del software con la distribución de las líneas:



- 35 líneas de levantamiento separadas de 50m dirección de largo Norte-Sur
- 5 líneas de comprobación separadas 50m dirección 400m de largo Este-Oeste

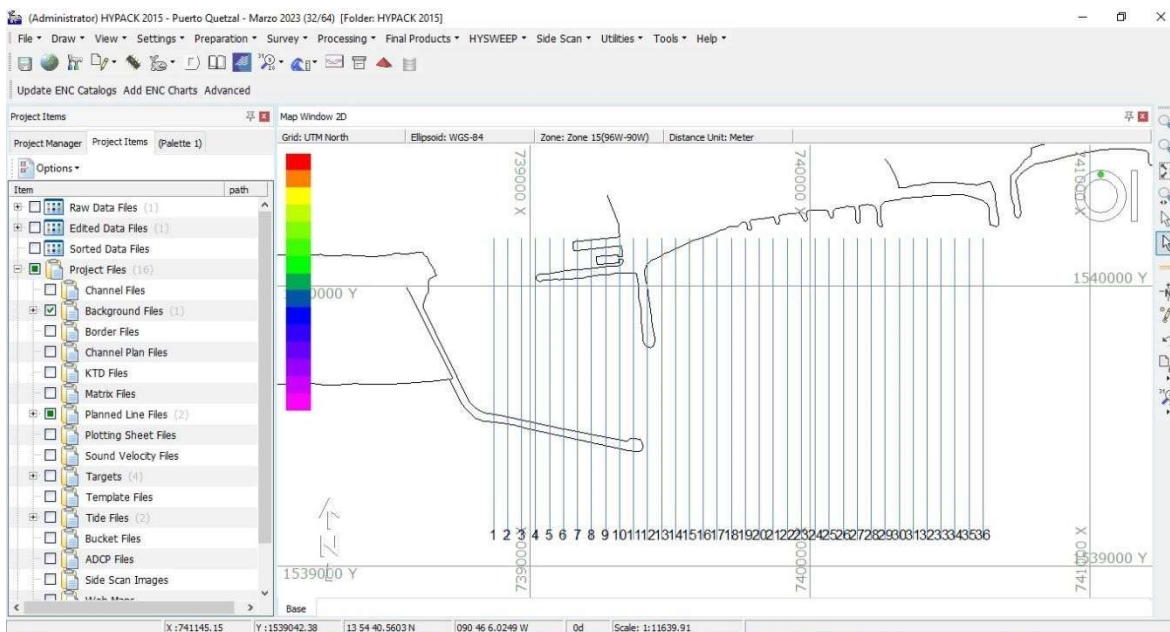


Imagen N°2. Trazo de líneas de navegación

### 3.1 Levantamiento y trabajo en campo:

- Traslado de la lancha hidrográfica al área del proyecto, se dispondrá de una lancha de pesca que será adaptada para este trabajo y saldrá del canal de Puerto San José.
- Verificación de coordenadas de GPS con respecto al punto de amarre.

Instalación de equipos en la embarcación hidrográfica, se debe tener en cuenta que la instalación de cables se hará de forma tal que evite accidentes o desconexiones involuntarias por el paso de las personas dentro de la lancha y ya cuando nos encontramos en el área de trabajo.

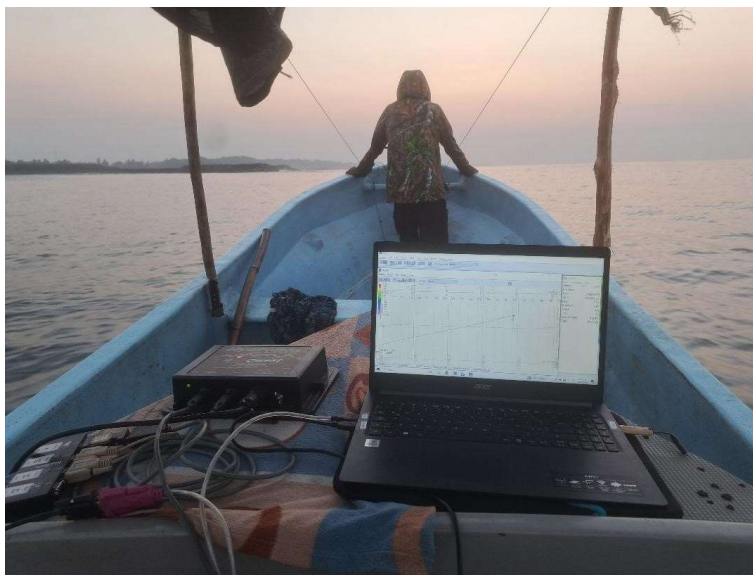


Imagen N°3. ejemplo de Instalación de los equipos en la embarcación

Luego de instalados los equipos en la embarcación hidrográfica, procedemos con la calibración de los equipos, se utilizará un plato de calibración graduado cada 2m para la medición de los parámetros de: calado y velocidad del sonido.

Este plato de calibración se ubica debajo del transductor y se observan las lecturas obtenidas y se aumenta o disminuye la velocidad del sonido para obtener mejores resultados.

Por tratarse de masas de agua salada, la calibración inició con una velocidad de sonido de 1535m/seg y de allí se variaría hasta obtener el valor que hace que los datos de la profundidad se los correctos y exactos. Al momento de la medición se obtuvieron datos confiables en las lecturas, por lo que se trabajó con dicha velocidad del sonido de 1535m/seg.

### ***3.2 Colección de datos crudos***

En el proceso de colección de datos, se da seguimiento a las líneas de levantamiento iniciando con las líneas transversales a la línea de costa, esto para obtener mejor resolución de los taludes, ya que en una simple inspección notamos los cambios drásticos de pendientes y profundidades.

Este es una muestra de cómo quedaron grabados los datos crudos en la pantalla de levantamiento del HyPack luego de la colección de datos en el área interna (área de poca profundidad).

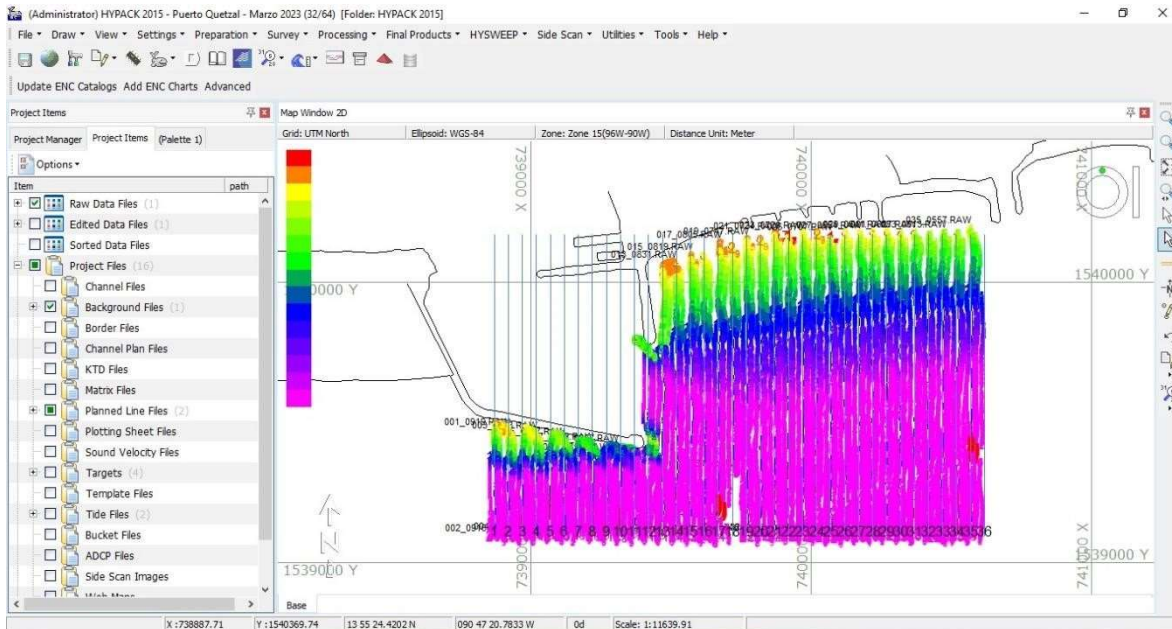
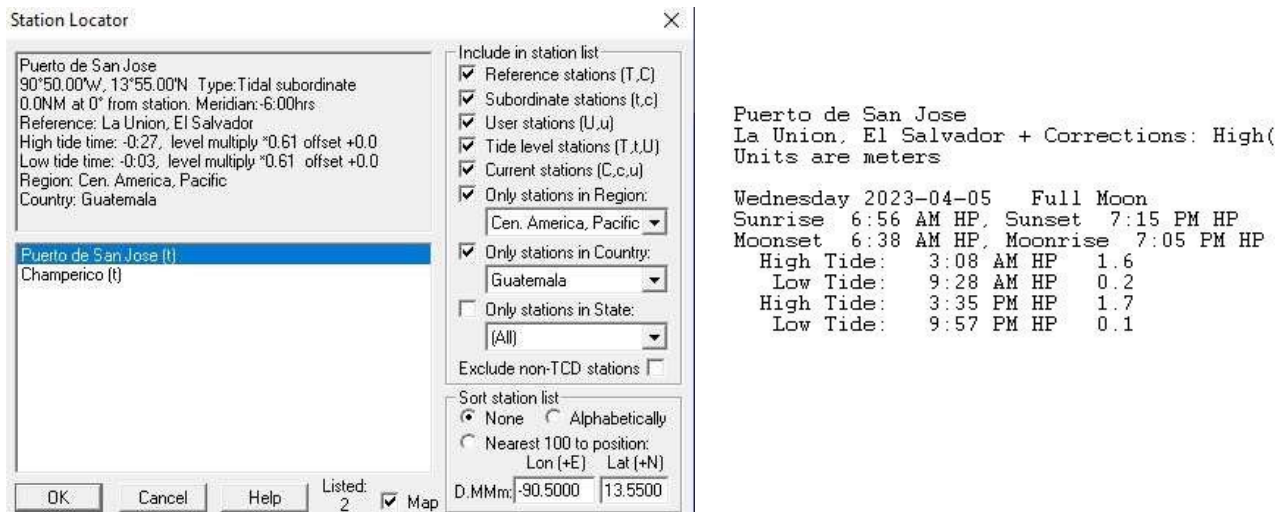


Imagen N°.4 del software con las líneas crudas levantadas

Una vez levantadas todas las líneas programadas, se procede con la desinstalación de los equipos y guardados de los mismos:

Para el procesamiento de data colectada conlleva los siguientes pasos:

- Post procesamiento de la data colectada, selección de archivos crudos levantados. Inclusión de los datos de mareas para la corrección, estos datos de los niveles del agua superficial se obtuvieron pos-levantamiento de la fuente WxTide32, con referencia a un mareógrafo ubicado en Puerto San José.



**Station Locator**

Puerto de San Jose  
90°50.00'W, 13°55.00'N Type:Tidal subordinate  
0.0NM at 0° from station. Meridian:-6:00hrs  
Reference: La Union, El Salvador  
High tide time: -0:27, level multiply \*0.61 offset +0.0  
Low tide time: -0:03, level multiply \*0.61 offset +0.0  
Region: Cen. America, Pacific  
Country: Guatemala

Puerto de San Jose (t)  
Champerico (t)

Include in station list:  
 Reference stations (T,C)  
 Subordinate stations (t,c)  
 User stations (U,u)  
 Tide level stations (T,t,U)  
 Current stations (C,c,u)  
 Only stations in Region:  
 Cen. America, Pacific  
 Only stations in Country:  
 Guatemala  
 Only stations in State:  
 (All)  
 Exclude non-TCD stations

Sort station list:  
 None  Alphabetically  
 Nearest 100 to position:  
 Lon (+E) Lat (+N)  
 D.MMm: -90.5000 | 13.5500

Puerto de San Jose  
La Union, El Salvador + Corrections: High(  
Units are meters

Wednesday 2023-04-05 Full Moon  
 Sunrise 6:56 AM HP, Sunset 7:15 PM HP  
 Moonset 6:38 AM HP, Moonrise 7:05 PM HP  
 High Tide: 3:08 AM HP 1.6  
 Low Tide: 9:28 AM HP 0.2  
 High Tide: 3:35 PM HP 1.7  
 Low Tide: 9:57 PM HP 0.1

Imagen N°5. Referencia de las tablas de mareas

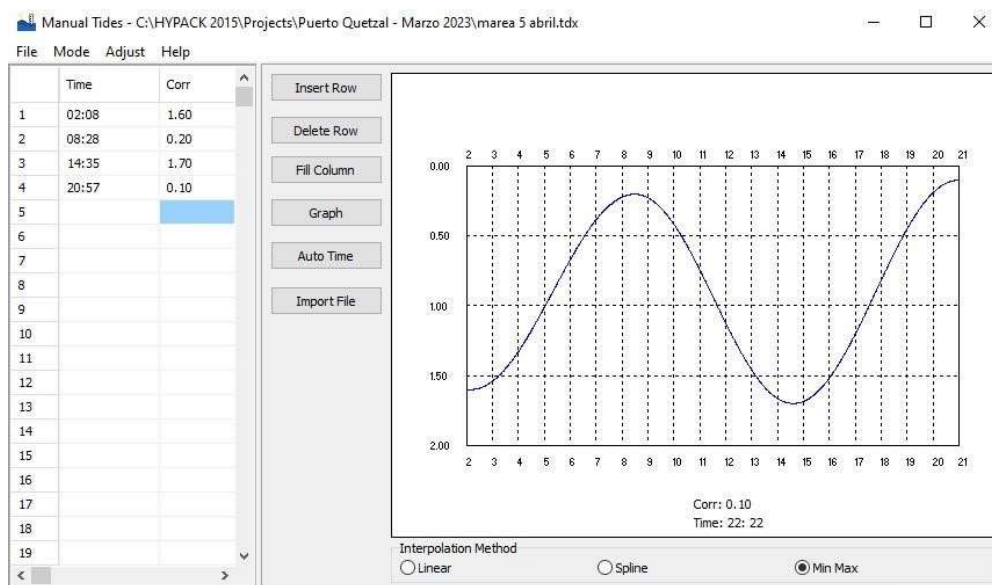


Imagen N°6. Archivo de niveles de marea para corrección aplicado en el software

- Aplicación de correcciones: niveles de agua superficial (mareas) y calado

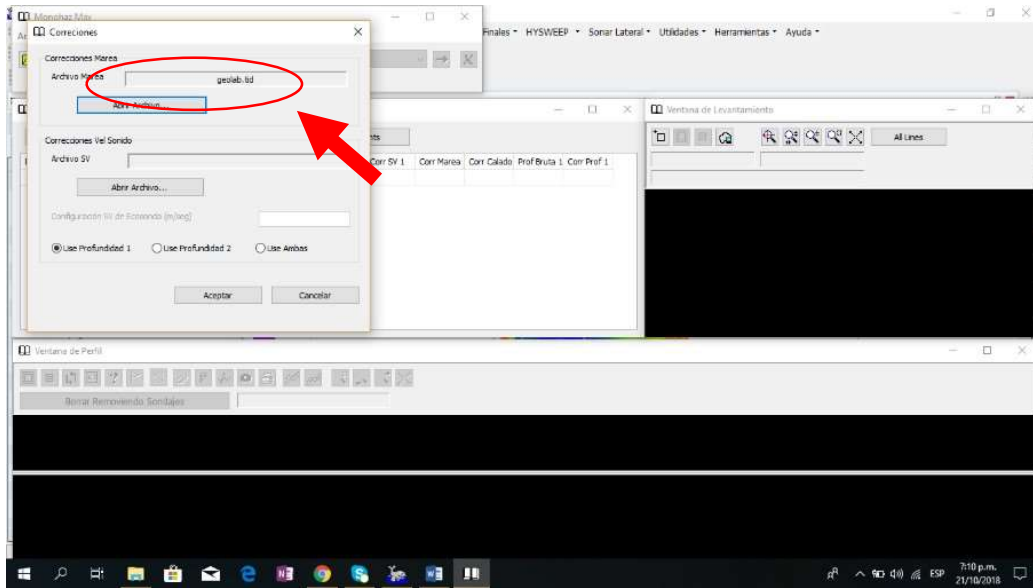


Imagen N°7. inclusión de los valores de niveles de la marea

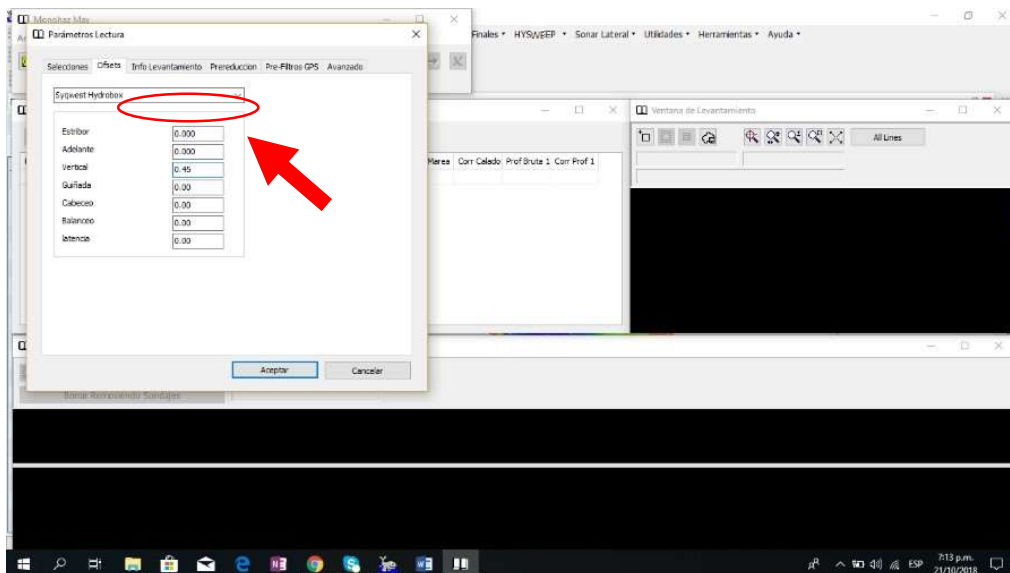


Imagen N°8. Aplicación del valor del calado

- Lectura y aplicación de correcciones a datos crudos para procesamiento

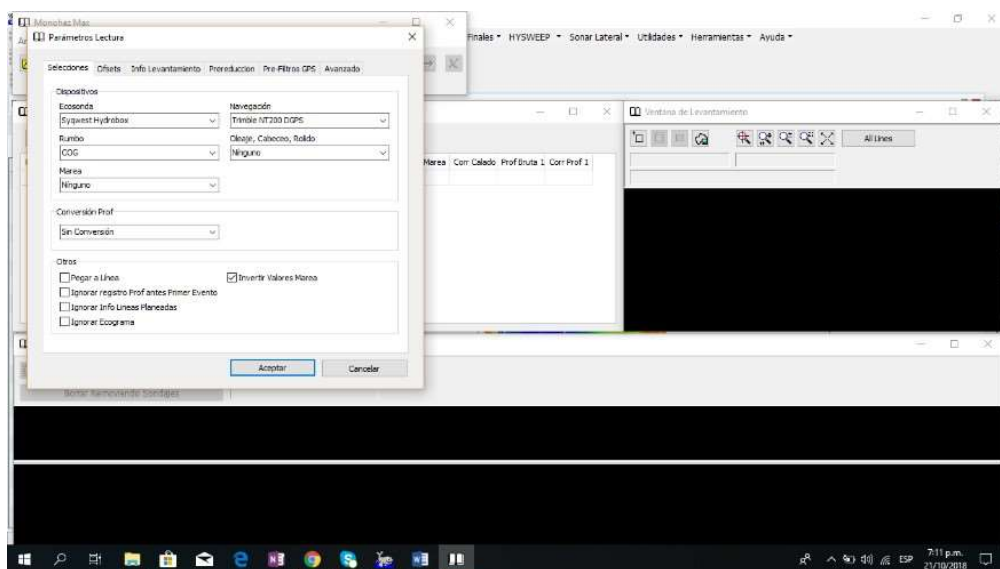


Imagen N°9. Verificación de datum, sistemas y otros

- a. Se verifican línea a línea la data colectada y se eliminan datos falsos y ecos encontrados y se genera una selección de datos a 1m de separación.
- b. Elección de una matriz de selección de datos para que el software clasifique los datos de sondeos críticos que serán parte de la matriz de datos finales.
- c. Selección de datos finales, cada caso requiere una separación de sondajes diferentes, lo que hace variar la escala y la selección de la matriz de sondaje, todo esto para que el plano impreso tendremos un sondeo cada 1.5cm, cumpliendo con la norma S-44 sobre procesamiento de datos hidrográficos y representaciones gráficas.

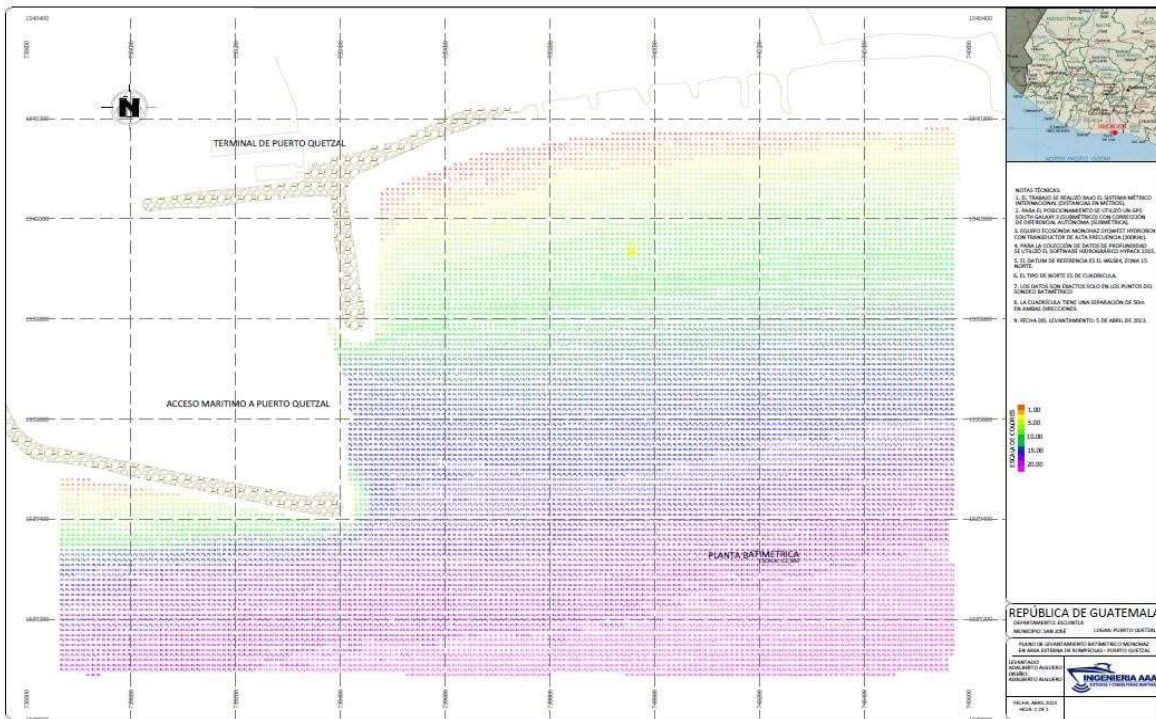


Imagen N°10. data final procesada matriz de datos de 10m x 10m

- Se ubicó una boya color amarilla dentro del área del levantamiento con coordenadas N1539937, E 739958, la misma se utilizó como método de comprobación para verificación de datos.



Imagen N°11. Boya de color amarilla

#### 4. RESULTADOS Y DATOS FINALES DE LA BATIMETRÍA

Toda la información final procesada se entregará en forma digital (CD) en formatos AutoCAD y PDF, archivo x,y,z con la data colectada; además de planos impresos a escalas adecuadas con Datum WGS84 en el sistema UTM (Universal Transversal Mercator).

Todo el proyecto se entregará en forma digital (USB) y en formato impreso, sellado y firmado por profesional responsable, se entregarán los siguientes archivos:

- Plano batimétrico en formato AutoCAD
- Plano batimétrico en formato PDF
- Informe de trabajo en formato PDF
- Data batimétrica procesada en matriz de 2x2

#### 5. ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE DATOS OCEANOGRÁFICOS HISTÓRICOS PARA PROYECTO DE DISEÑO DE DARSENA, FONDEO Y ATRAQUE, PUERTO QUETZAL, GUATEMALA.

**Puerto Quetzal** es un puerto que se encuentra ubicado en el municipio de San José, Escuintla en Guatemala, sobre el litoral Pacífico (Latitud 13° 55' N; Longitud 90° 47' W); a 98 km de la capital del país. El puerto es estatal administrado por la Empresa Portuaria Quetzal y desde sus inicios en 1983 utiliza un sistema mixto al autorizar a particulares la prestación de ciertos servicios al buque y la carga con tarifas fijadas por la Empresa y aprobadas por Acuerdo de Gobierno.

1. El muelle principal es del tipo marginal y los buques que atiende son: granel sólido, portacontenedores, tanque, gasero, barcaza, frigoríficos, carga general, roll on-roll off, cruceros y buques de carga distintos a los anteriores.

El acceso a las vías marítimas es a través de un canal de acceso de 210 metros de ancho entre morros de los rompeolas oeste y este. A la entrada de la dársena de maniobras, en la zona del codo del rompeolas oeste, tiene un ancho de 340 metros. Asimismo, este canal cuenta con una curvatura de 1,000 metros para permitir un



acceso sin borneos. Su orientación es hacia el sureste para poder afrontar el oleaje de fuerza apreciable con azimut  $150^{\circ}$ .

2. Condiciones climatológicas: El clima se denomina cálido tropical, en donde existen diferentes épocas donde las lluvias suelen ser devastadoras, hasta llegar al punto de inundar completamente San José; así como ocurrió en el mes de noviembre de 2022. Puede alcanzar una temperatura de hasta  $29.4^{\circ}\text{C}$ . La zona de vida según Holdridge es un bosque húmedo subtropical cálido. Guatemala geográficamente se encuentra en una zona bastante privilegiada debido al clima y por éste a las especies que dependen de él, es por lo que en el mar suelen encontrarse grandes cantidades de organismos. Aún en la dársena que es una zona con bastante influencia por actividades industriales es un lugar en el cual se encuentran diversas formas de vida; a pesar de que el fondo es lodoso y que normalmente posee movimiento por los motores de las embarcaciones, cuenta con vida marítima. Existe una zona de confluencia de los vientos alisios de ambos hemisferios (norte y sur) que afecta el clima de los lugares que caen bajo su influencia y que para nuestro país tiene particular importancia: la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la cual se mueve siguiendo el movimiento aparente del sol a través del año. Esta migración norte-sur de la ZCIT produce las dos estaciones (seca y lluviosa) características de la mayor parte de nuestro territorio.

Oficialmente según el Departamento de Hidro meteorología de INSIVUMEH, los periodos para las diferentes temporadas en nuestro país son:

- Temporada seca inicia 16 de diciembre al 15 de abril
- Temporada lluviosa inicia el 15 de abril al 16 de diciembre

## 6. METODOLOGIA

El método que utilizaremos para evaluar las preferencias y tendencias de los cinco parámetros oceanográficos básicos nos ayudará a conocer todos los valores de diseño al momento de calcular y levantar los diseños de un proyecto de construcción, por medio de tablas, gráficas y valores de los datos oceanográficos más importantes con data histórica colectada por boyas oceanográficas.

Estos cinco parámetros oceanográficos básicos son los siguientes:

- Altura de la ola significativa (m)
- Periodo de la ola significativa (s)
- Dirección de la corriente producida por oleajes (grados oceanográficos)
- Dirección del viento (grados oceanográficos)
- Magnitud del viento (m/s)

Primeramente, se utiliza un programa online de Retrospectiva Oceanográfica, cuyo objetivo es la compra de data histórica de un punto cercano a nuestro proyecto el cual será evaluado para todas las situaciones existentes posibles que puedan presentarse en nuestra área de estudio, para nuestro caso las coordenadas son: E739912, N1538959.

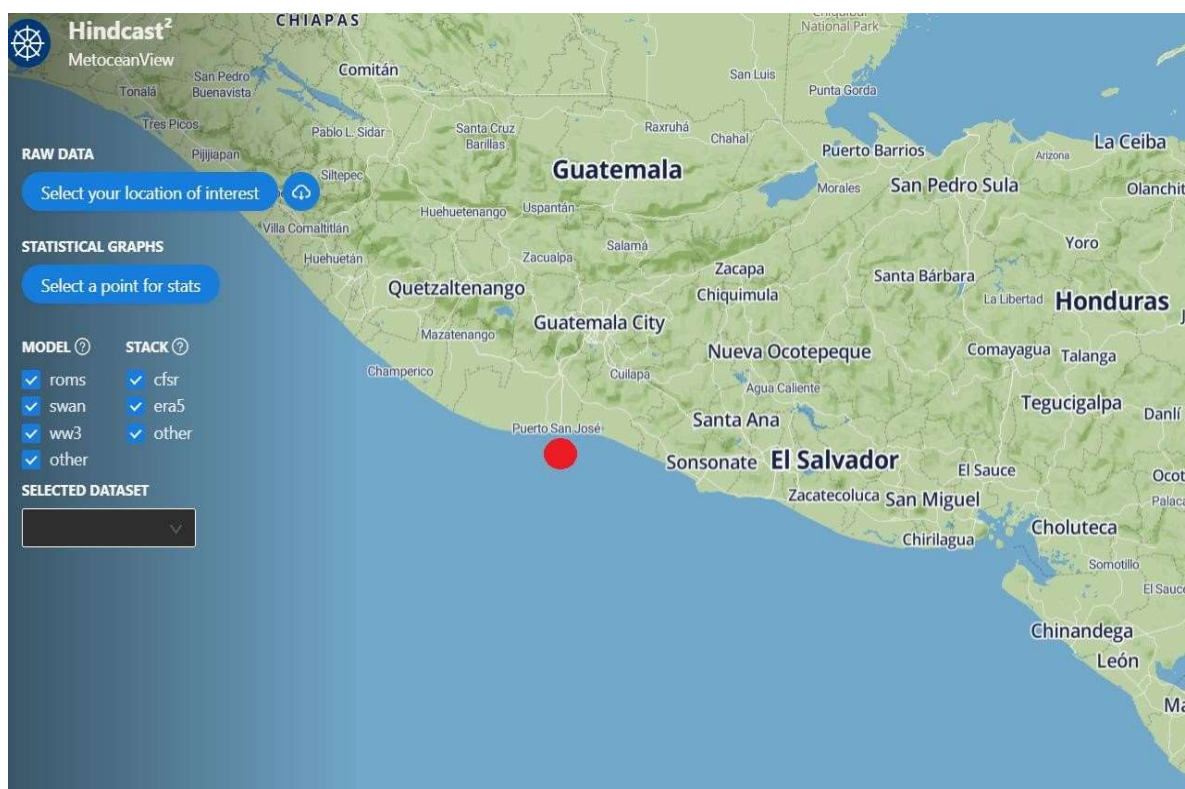


Imagen N°12. localización del área en estudio

Inmediatamente el software crea una grilla de donde mantenga datos oceanográficos del modelo WW3 Global ST4 para que seleccionen el punto más cercano a nuestra área de estudio, para nuestro caso las coordenadas de los datos más cercanos fueron: Latitud 13.888850° y Longitud 268.9381°



Imagen N°13. Grilla de datos disponible

En cuanto a los modelos y sus características, se debe tomar en cuenta que cuando se utiliza un modelo numérico para generar los datos WW3 (Weather Watch 3) generalmente se usa para crear datos de olas a nivel mundial o en grandes regiones. Mientras que SWAN (Simulating Waves Nearshore) es un modelo de propagación de oleaje espectral que simula la energía contenida en las ondas en su propagación desde superficies oceánicas hasta zonas costeras y generalmente se usa para producir datos de olas de alta resolución en áreas costeras pequeñas.

Para nuestra evaluación utilizaremos el modelo WW3 que es el modelo más básico y que genera automáticamente todas las gráficas requeridas para la evaluación general.

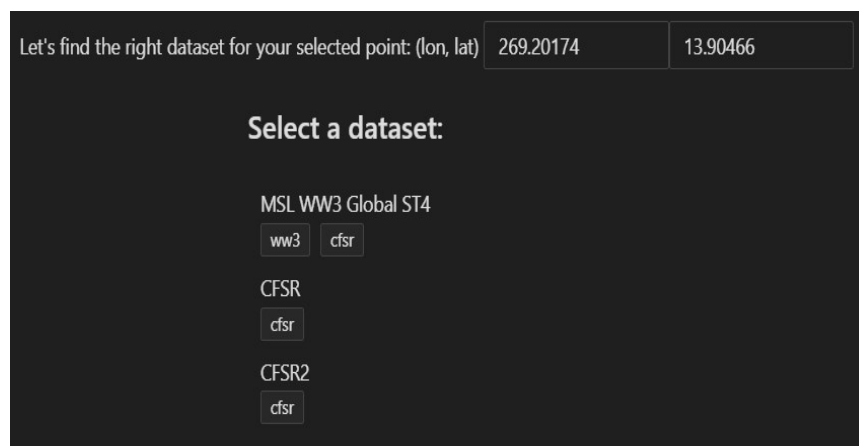


Imagen N°14. selección del modelo

Para nuestra coordenada de estudio, pudimos obtener las estadísticas para el conjunto de datos: MSL WW3 Global ST4 desde diciembre de 1978 hasta diciembre de 2020.

Debemos tener en cuenta, que, por nuestra posición geográfica, nos rige el clima tropical seco y húmedo, por lo que nos caracterizamos por tener dos estaciones muy marcadas, una muy lluviosa (que va de Junio a Diciembre) y otra muy seca (que va de Enero a Mayo). La época lluviosa tiene lugar cuando el sol está en el mismo hemisferio, muy alto en el horizonte (en verano), mientras que la época seca tiene lugar cuando el sol está bajo en el horizonte (en invierno).

Las lluvias dependen de la posición de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y de los vientos alisios, por lo que cuando existe un obstáculo ortográfico se dan aumento de las velocidades del viento.

Puerto San José tiene un clima tropical. Hay precipitaciones durante todo el año en dicha área. El clima aquí se clasifica como Af por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura media anual en Puerto San José se encuentra a 24.3 °C. Hay alrededor de precipitaciones de 2735 mm.

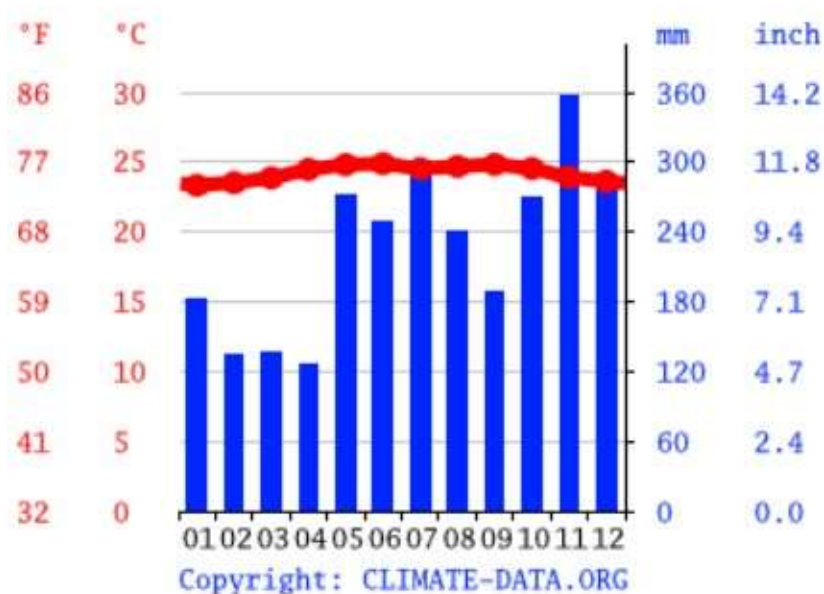
El mes con más lluvia es julio, con un promedio de 236 milímetros de lluvia. El mes con menos lluvia es marzo, con un promedio de 23 milímetros de lluvia.

En este clima la época seca no debe de durar más de cuatro a cinco meses. Las altas temperaturas hacen que durante la época seca la evapotranspiración sea muy importante,

de tal manera que se consume la reserva de agua, y si es muy larga llega a una profunda aridez, teniendo así que mayo representa el mes más seco del año.

Por esta razón hemos separado nuestro estudio en dos grandes grupos:

- Estación seca que va de enero a mayo
- Estación lluviosa que va de junio a diciembre



Gráfica No. 1. Tabulación mensual de temperatura promedio y precipitación



## 7. BASE DE DATOS, TABLAS Y GRAFICOS RESULTANTES

Para periodos de Enero a Mayo (estación seca). – Matrices que se generan de los datos.

significant height of wind and swell	wave mean direction							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0 - 0.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0.5 - 1	0%	0%	0%	0.1%	5.9%	2.4%	<0.1%	0%
1 - 1.5	<0.1%	<0.1%	0.2%	1.1%	37.6%	22.2%	0.5%	<0.1%
1.5 - 2	<0.1%	<0.1%	0.1%	0.2%	13%	12.5%	0.3%	<0.1%
2 - 2.5	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	1.3%	1.9%	<0.1%	<0.1%
2.5 - 3	0%	0%	0%	<0.1%	0.2%	0.2%	0%	0%
3 - 3.5	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
3.5 - 4	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%

Tabla No.1. Altura de olas vs Dirección Promedio de Olas

significant height of wind and swell	wave peak period <sup>8</sup>																			
	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	15 - 16	16 - 17	17 - 18	18 - 19	19 - 20
0 - 0.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0.5 - 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	1.1%	2.5%	2.2%	1%	0.5%	0.6%	<0.1%	0.2%	0.1%
1 - 1.5	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.3%	0.1%	0.2%	0.1%	0.9%	7.5%	17.9%	14.6%	7%	8.1%	1.5%	2.4%	0.9%
1.5 - 2	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.3%	2%	6.2%	5.4%	7.5%	2%	2%	0.7%
2 - 2.5	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.2%	0.5%	1.2%	0.6%	0.4%	0.2%
2.5 - 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0.1%	0.1%	<0.1%	<0.1%
3 - 3.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
3.5 - 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla No.2. Altura de olas vs Periodo de la ola

		wave mean direction							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
wave peak period <sup>s</sup>	0 - 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	1 - 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2 - 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	3 - 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	4 - 5	0%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%
	5 - 6	0%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%
	6 - 7	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	0%
	7 - 8	0%	<0.1%	<0.1%	0.3%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%
	8 - 9	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
	9 - 10	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	<0.1%
	10 - 11	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
	11 - 12	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	1.4%	0.3%	<0.1%	<0.1%
	12 - 13	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.3%	7.1%	2.7%	0.2%	<0.1%
	13 - 14	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.3%	14.3%	7.3%	0.2%	<0.1%
	14 - 15	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.2%	13.1%	8.6%	<0.1%	<0.1%
	15 - 16	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	7.1%	6.1%	<0.1%	<0.1%
	16 - 17	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	8.8%	8.5%	<0.1%	<0.1%
	17 - 18	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	2%	2.2%	<0.1%	0%

Tabla No. 3. Dirección promedio de ola vs periodo de ola

		wind_direction							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
wind_speed <sup>m/s</sup>	0 - 5	10.2%	11.2%	8.1%	5.7%	8.2%	7.9%	8.1%	11.1%
	5 - 10	0.6%	8.4%	2.9%	2.8%	6.7%	4.3%	2.5%	1.1%
	10 - 15	<0.1%	0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	<0.1%

Tabla No. 4. Velocidad del viento vs Dirección del viento

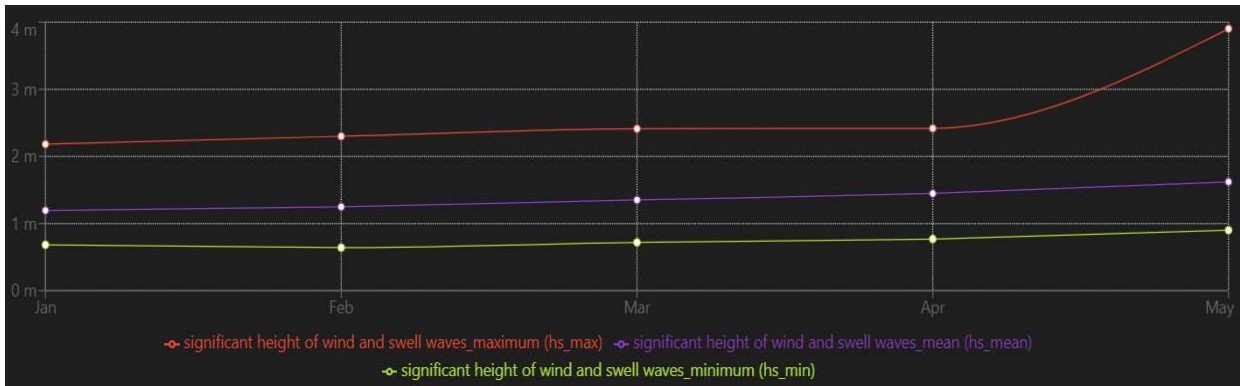


Gráfico No. 1. Altura de olas mensual (periodo seco)

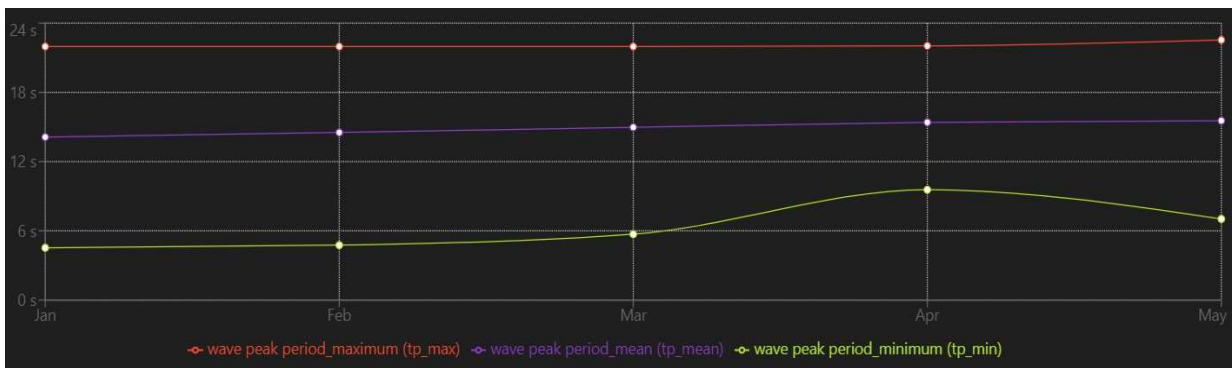


Gráfico No. 2. Periodos de olas mensual (periodo seco)

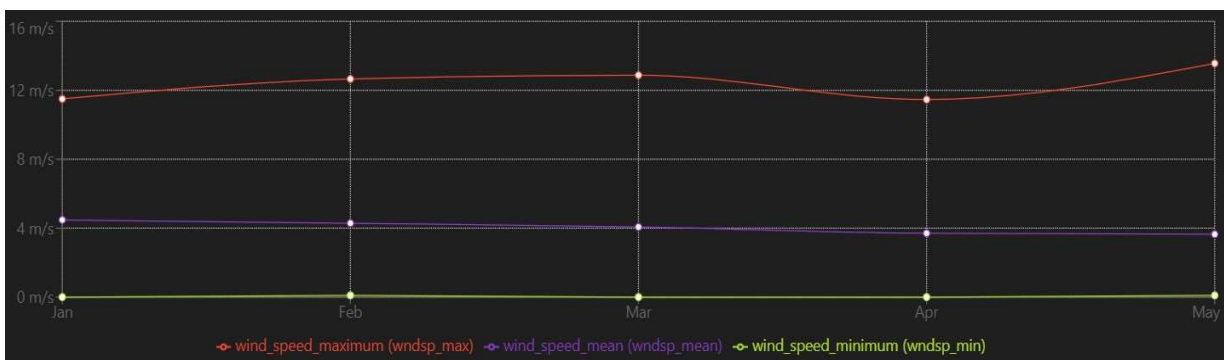


Gráfico No. 3. Velocidad del viento mensual (periodo seco)



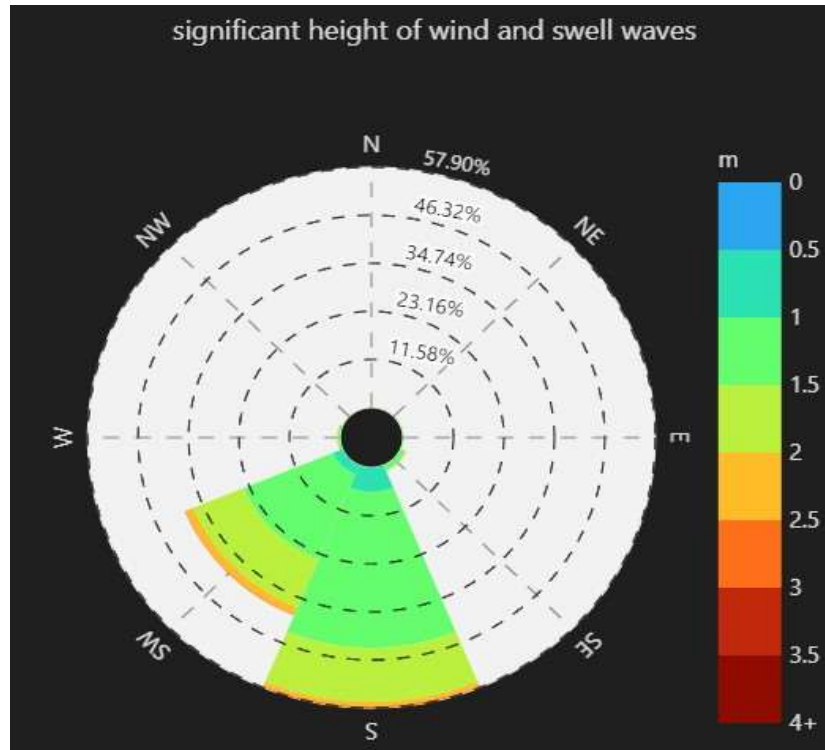


Gráfico No. 4. Rosa de altura de ola y mar de fondo (periodo seco)

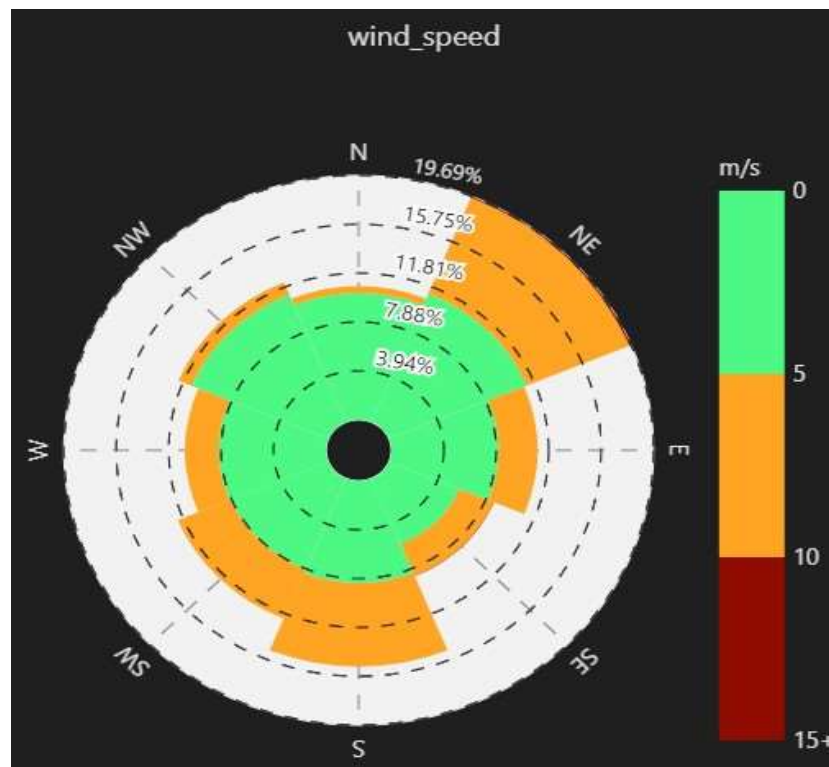




Gráfico No. 5. Rosa de velocidad del viento (periodo seco)

Para periodos entre Junio a Diciembre (estación lluviosa). – Matrices que se generan de los datos.

significant height of wind and swell waves <sup>m</sup>	wave mean direction *							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0 - 0.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0.5 - 1	0%	0%	<0.1%	<0.1%	2.6%	1.2%	<0.1%	0%
1 - 1.5	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.3%	27.9%	18.8%	0.2%	<0.1%
1.5 - 2	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	18.2%	20.4%	<0.1%	<0.1%
2 - 2.5	0%	0%	0%	<0.1%	3.2%	5.6%	<0.1%	0%
2.5 - 3	0%	0%	0%	<0.1%	0.4%	0.6%	0%	0%
3 - 3.5	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
3.5 - 4	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
4 - 4.5	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
4.5 - 5	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%
5 - 5.5	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%

Tabla No. 5. Altura de olas vs Dirección Promedio de Olas

significant height of wind and swell waves <sup>m</sup>	wave peak period <sup>s</sup>																			
	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	15 - 16	16 - 17	17 - 18	18 - 19	19 - 20
0 - 0.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0.5 - 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.5%	1.2%	1%	0.5%	0.2%	0.2%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
1 - 1.5	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.2%	0.2%	0.3%	0.5%	1.5%	6.5%	13.9%	10.3%	4.7%	5.7%	1.2%	1.7%	0.7%
1.5 - 2	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0.1%	0.3%	0.2%	0.1%	0.2%	1%	5.2%	9.6%	7.3%	8.8%	2.3%	2.3%	1.2%
2 - 2.5	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0.1%	0.2%	0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	0.3%	0.8%	1.4%	3%	1.2%	0.9%	0.5%
2.5 - 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	<0.1%
3 - 3.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
3.5 - 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	<0.1%	<0.1%	0%
4 - 4.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4.5 - 5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 - 5.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla No 6. Altura de olas vs Periodo de la ola

		wave mean direction							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
wave peak period <sup>s</sup>	0 - 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	1 - 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2 - 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	3 - 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	4 - 5	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%
	5 - 6	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%
	6 - 7	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
	7 - 8	0%	0%	<0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0%	0%
	8 - 9	<0.1%	0%	<0.1%	<0.1%	0.4%	0.5%	<0.1%	0%
	9 - 10	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	0.3%	0.3%	<0.1%	<0.1%
	10 - 11	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0.5%	0.2%	<0.1%	<0.1%
	11 - 12	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	1.5%	0.6%	<0.1%	0%
	12 - 13	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	5.5%	3.1%	<0.1%	<0.1%
	13 - 14	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	12%	8.3%	<0.1%	<0.1%
	14 - 15	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	11.4%	9.8%	<0.1%	<0.1%
	15 - 16	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	6.6%	7%	<0.1%	<0.1%
	16 - 17	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	7.9%	10%	<0.1%	<0.1%
	17 - 18	0%	0%	0%	<0.1%	2.2%	2.7%	0%	0%

Tabla No. 7. Dirección promedio de ola vs periodo de ola

		wind direction							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
wind_speed <sup>m/s</sup>	0 - 5	9.2%	14.6%	10%	7.4%	8.4%	7.9%	8.1%	8%
	5 - 10	0.6%	6.4%	3.7%	3.6%	3.6%	4.1%	3%	1%
	10 - 15	0%	<0.1%	0.2%	0.2%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%
	15 - 20	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%

Tabla No. 8. Velocidad del viento vs Dirección del viento

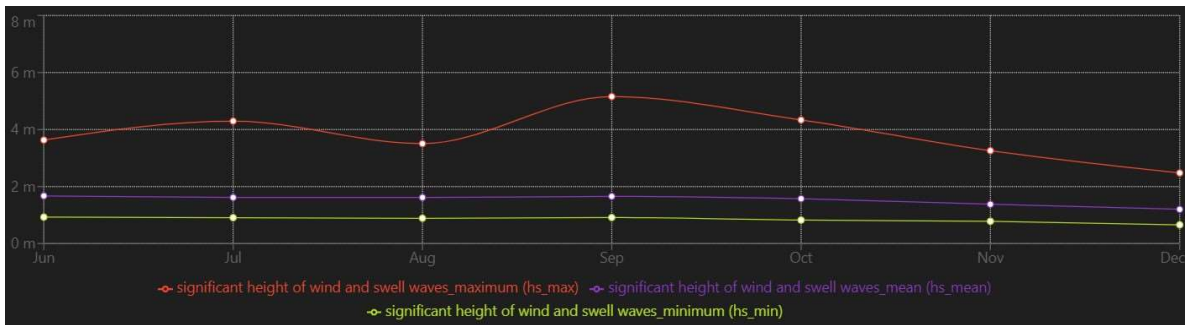


Gráfico No. 6. Altura de olas mensual (periodo lluvioso)

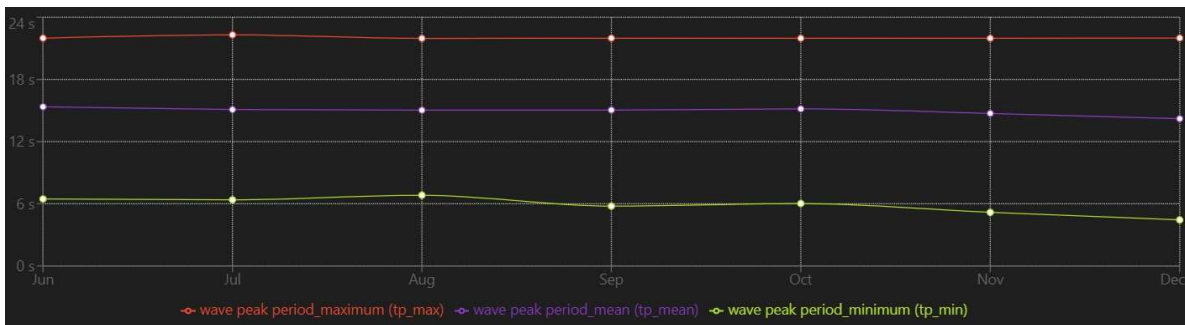


Gráfico No. 7. Periodos de olas mensuales (periodo lluvioso)

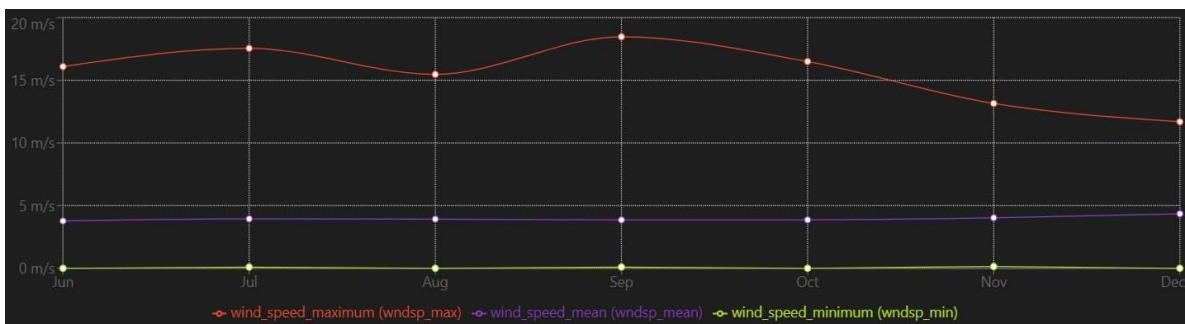


Gráfico No. 8. Velocidad del viento mensual (periodo lluvioso)

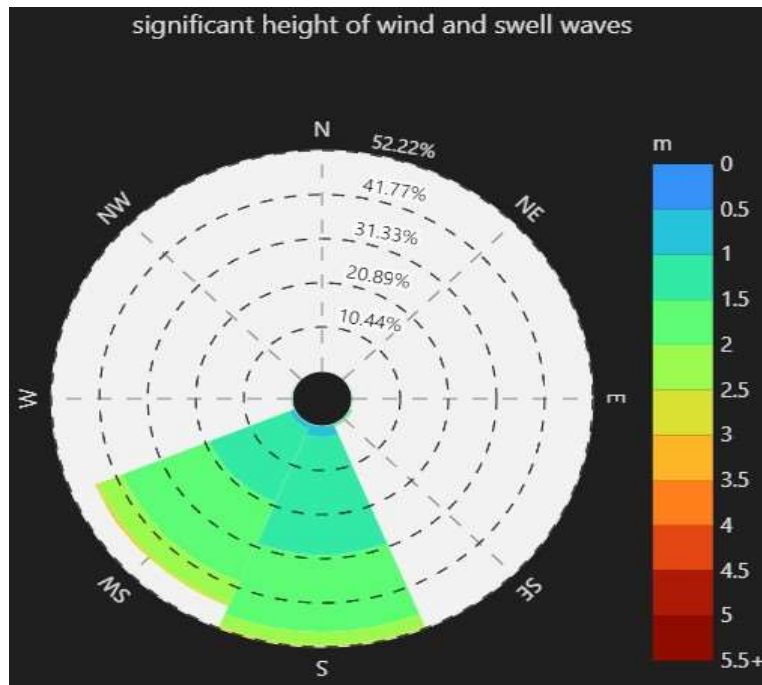


Gráfico No. 9. Rosa de altura de ola y mar de fondo (periodo lluvioso)

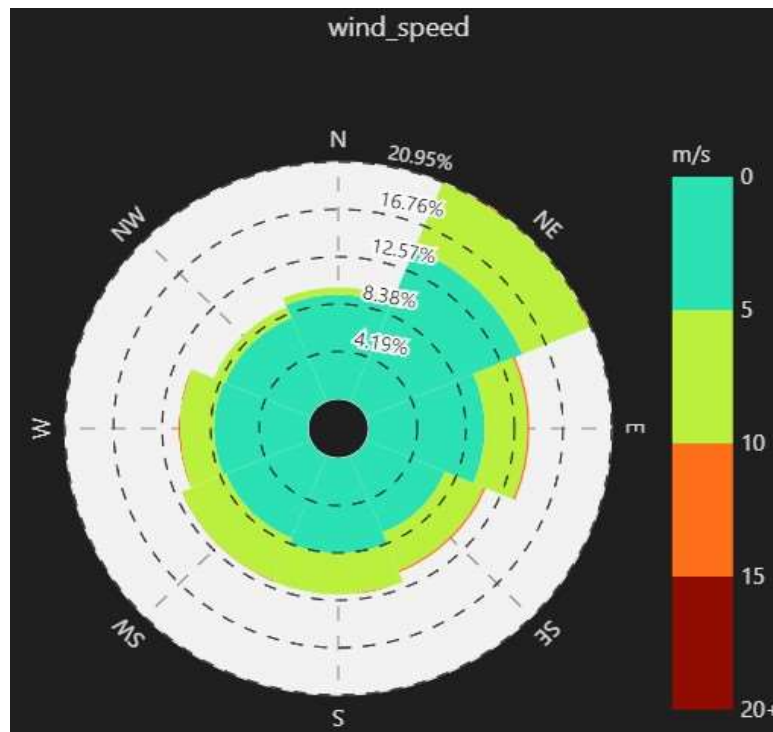


Gráfico No. 10. Rosa de velocidad del viento (periodo lluvioso)

Finalmente procedimos a tabular los valores extremos estacionales para diferentes periodos de retorno, obteniendo las siguientes tablas:

Extremos estacionales medios en: enero

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	3,3	3,7	3,8	4,1	4,3	4,7	5,2
velocidad del viento <small>m/s</small>	12,7	13,5	13,9	14,6	14,9	15,9	16,8

Extremos estacionales medios en: febrero

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	3,2	3,6	3,7	4	4,2	4,6	5,1
velocidad del viento <small>m/s</small>	13	14,2	14,7	15,8	16,3	17,8	19,3

Extremos estacionales medios en: marzo

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	3,3	3,7	3,9	4,3	4,5	5	5,6
velocidad del viento <small>m/s</small>	14	15,9	16,7	18,7	19,6	22,4	25,3

Extremos estacionales medios en: abril

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,7	3	3,1	3,4	3,6	4	4,5
velocidad del viento <small>m/s</small>	12,7	14,9	15,9	18,2	19,1	22,5	25,9

Extremos estacionales medios en: mayo

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,1	2,3	2,4	2,6	2,7	3	3,3
velocidad del viento <small>m/s</small>	10,7	12	12,6	13,8	14,4	16,1	17,8

Extremos estacionales medios en: junio

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,4	2,6	2,7	2,9	3	3,3	3,6
velocidad del viento <small>m/s</small>	10,6	12,2	12,9	14,5	15,2	17,4	19,6

Extremos estacionales medios en: julio

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,5	2,7	2,8	3	3,1	3,4	3,7
velocidad del viento <small>m/s</small>	10,6	11,9	12,4	13,6	14,2	15,9	17,5

Extremos estacionales medios en: agosto

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,3	2,5	2,6	2,8	2,8	3,1	3,4
velocidad del viento <small>m/s</small>	10,5	12	12,6	14,2	14,8	17,1	19,3

Extremos estacionales medios en: septiembre

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	1,8	2	2	2,2	2,3	2,5	2,8
velocidad del viento <small>m/s</small>	10,1	11,7	12,4	14	14,7	17,1	19,5

Extremos estacionales medios en: octubre

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	1,9	2,2	2,3	2,6	2,7	3	3,4
velocidad del viento <small>m/s</small>	12,2	14,5	15,5	17,9	18,9	22,2	25,6

Extremos estacionales medios en: noviembre

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,7	3,1	3,3	3,6	3,8	4,3	4,9
velocidad del viento <small>m/s</small>	14,1	17,2	18,5	21,6	22,9	27,5	32,1

Extremos estacionales medios en: diciembre

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	3,1	3,4	3,5	3,8	3,9	4,4	4,8
velocidad del viento <small>m/s</small>	13,4	15,6	16,5	18,8	19,7	23	26,2



Su objetivo es dar una idea general de las condiciones extremas, **pero no son adecuados como estadísticas de diseño final** meta oceánico. Es posible que los valores no capturen la magnitud máxima de los extremos de los ciclones tropicales que son muy frecuentes en esta zona.

## 8. CONCLUSIONES

Datos resultantes durante los meses de enero a mayo (**estación seca**).

Para el caso de la altura de olas generadas por vientos y por mar de fondo, la mayor parte de ellas (59.8%) son de alturas menores a 1.5m y otro 25.5% entre 1.5m y 2.0m siendo el porcentaje mayor las olas con la dirección Sur. Ver tabla No.1.

En cuanto a los periodos de oleajes, el porcentaje más alto de ellas (17.9%) tienen periodos dentro del rango de 13s a 14s; lo que si pudimos observar es que se mantienen en un rango de 12s a 17s y alturas se encuentran entre 0.5m y los 2.0m, lo que demuestra que las olas producidas por viento son menores (no significativas) por ser oleajes bajos a medios y en mayor cantidad olas producidas por mar de fondo, estas olas de mar de fondo tienen alturas hasta de 2.0m. Ver tabla No.2.

En el tema de las direcciones de las olas promedio graficados con los periodos de olas altos (entre 12s a 17s), podemos concluir que el 50.4% de las olas son provenientes del Sur, y otro 30.5% con los mismos periodos son provienen del Suroeste. Ver tabla 3.

Con respecto al tema de los vientos, encontramos 2 grandes grupos el cual debe ser especialmente tomado en consideración para cuando se diseñe la altura y ubicación de las obras de protección (ver tabla 4):

- 70.5% de los vientos se distribuyen casi equitativamente en todas direcciones, sin embargo, son de baja magnitud 0 y 5 m/s.
- 28.2% de los vientos se distribuyen casi equitativamente en todas direcciones, sin embargo, son de media magnitud 5 y 10 m/s.

Los oleajes son de menor impacto durante la estación seca, esto producto de los vientos, sin embargo, para los primeros cuatro meses del año son muy similares en su comportamiento (máximas de 3.60m), tomar en cuenta que las olas medias o promedio (1.442m) son 31.09% la altura de las olas máximas. Sin embargo, para el mes de mayo se incrementa la altura de la ola llegando hasta 4m. Por lo que los diseños deben regirse por los valores máximos. Ver gráfica 1.

Los periodos de las olas durante la estación seca se mantienen bastante constantes y con periodos promedios de 13 segundos que se consideran como de olas producidas por efecto de mar de fondo. Ver grafica 2.



Al igual que la altura de los oleajes, la velocidad de los vientos aumenta para el mes de mayo (14.615m/s), a tener en cuenta para el diseño. Los demás meses simula mantener las velocidades mínimas y promedio constantes. Ver gráfica 3.

Después de crear gráficas de altura de olas (tipo rosa de los vientos), confirmamos que gran parte de los vientos provienen de Sur y Suroeste con un alto porcentaje (93.99%), sin embargo, la mayor parte de estas olas son de alturas medias (1.0 a 2.0m). Ver gráfica 4.

Igualmente, para el tema de las velocidades de los vientos pudimos confirmar su alto porcentaje de las olas de 5 a 10 m/s que son provenientes de Noreste; en este punto también debemos tener especial atención a los vientos provenientes del Sur ya que son los de mayor intensidad. Ver gráfica 5.

Datos resultantes durante los meses de junio a diciembre (**estación lluviosa**). Para esta estación los valores de oleajes, vientos y periodos son muy similares al de la temporada seca.

Para el caso de la altura de olas generadas por vientos y por mar de fondo, la mayor parte de ellas (85.3%) son de alturas menores a 2.0m; siendo el porcentaje mayor las olas entre 1m y 1.5m con la dirección Sur y Suroeste. Ver tabla 5.

En cuanto a los periodos de oleajes, el porcentaje más alto de ellas (41.1%) tienen periodos dentro del rango de 12s a 17s, esto para altura de olas entre 1.0m y 1.5m; también encontramos un rango de periodo de oleaje alto (30.9%) para periodos de 13s a 17s estos con alturas entre 1.5m y 2.0m; al igual que durante la estación seca se observó que se mantienen en un rango de 6s a 10s los porcentajes altos y medios y alturas se encuentran entre 0.5m y los 2.0m, lo que demuestra que la mayoría son olas producidas por efecto de mar de fondo por ser oleajes bajos a medios y en menor cantidad olas producidas por viento. Ver tabla 6.

Al igual que para los gráficos de las direcciones de las olas promedio graficados con los periodos de olas, podemos concluir que el 84.1% de las olas con periodos entre 6 a 10 segundos provienen del Sur y Suroeste. Para tener en cuenta al momento de crear el diseño de la estructura. Ver tabla 7.

Con respecto al tema de los vientos, encontramos 2 grandes grupos el cual debe ser especialmente tomado en consideración para cuando se diseñe la altura y ubicación de las obras de protección (ver tabla 8):

- 73.6% de los vientos se distribuyen casi equitativamente en todas direcciones, sin embargo, son de baja magnitud 0 y 5 m/s.
- 25% de los vientos se distribuyen casi equitativamente en todas direcciones, sin embargo, son de media magnitud 5 y 10 m/s.

Las alturas de las olas son constantes durante los meses de junio a septiembre, sin embargo, se muestra un aumento significativo del 45.82% en la altura para el mes de noviembre. Ver gráfico 6.

Los periodos de las olas mantienen su máximo periodo durante los meses de julio llegando a un 16.74 segundos que es un valor alto y va disminuyendo constantemente hasta llegar a su menor valor en los meses de diciembre con 11.34 segundos. Ver gráfico 7.

La gráfica de las velocidades de los vientos muestra dos tendencias marcadas:

- Los valores de las velocidades mínimas y medias son constantes durante todo el periodo de la estación lluviosa, Existe un marcado valor que se incrementa para el mes de agosto en cuanto a las velocidades máximas y que vuelve a regularse para los siguientes meses. Ver gráfico 8.
- En cuanto a la altura de la ola se mantiene una similitud en cuanto al comportamiento en ambas estaciones, confirmamos que gran parte de los vientos provienen de Nordeste con un alto porcentaje (90.59%), sin embargo, la mayor parte de estas olas son de alturas medias (0.5 a 2.5m). Ver gráfica 9.
- Igualmente, para el tema de las velocidades de los vientos pudimos confirmar su alto porcentaje de las olas de 0 a 5 m/s que son provenientes de Oeste y Noroeste; los vientos provenientes del Norte y Noreste que son los de mucho menor intensidad y cantidad con vientos de 0 a 5m/s. Ver gráfica 10.
- Finalmente hay que mencionar que, aunque no es parte del estudio oceanográfico, se debe tomar en consideración el tema meteorológico y cantidad de lluvia por temporada, estadísticamente en promedio para esta área caen unos 450mm anuales en temporada seca, sin embargo, en temporada lluviosa se incrementa hasta 2600mm anuales, además de ser muy marcado el aumento de precipitación en la costa norte del país.

## 9. FUENTE DE DATA OCEANOGRÁFICA

Toda la data histórica de los cinco parámetros oceanográficos se obtuvo de la Base de Datos de **METOCEANVIEW.com**, esta aplicación es una herramienta meteorológica de alta resolución basada en la web para la gestión de operaciones marítimas.

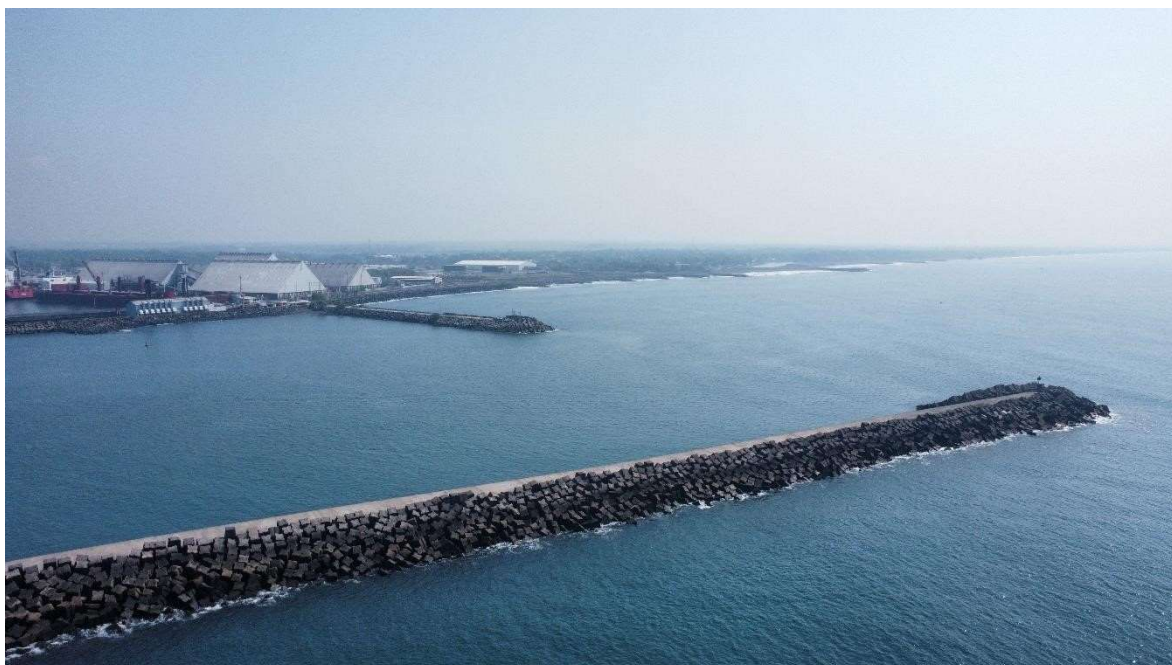
Una sólida plataforma para acceder a, monitorear y manejar información meteorológica, en un dominio de alta resolución para operaciones.

Los modelos de pronóstico oceanográficos y atmosféricos de última tecnología diseñados por MetOcean Solutions suministran información detallada y fiable para cualquier lugar. Herramientas innovadoras para asistir a operadores portuarios, prácticos, capitanes de remolcadores y gerentes de empresas marítimas en la toma de decisiones informadas en el mar o en el puerto.



INFORME A, CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS.  
JUNIO 2023

**ESTUDIO GENERAL DE CONDICIONES HIDROGRÁFICAS Y  
OCEANOGRÁFICAS PARA EL CALCULO DISEÑO DEL SISTEMA DE  
FONDEO O ATRAQUE DEL BUQUE DISEÑO PARA LA TERMINAL DE  
PUERTO QUETZAL, GUATEMALA.**



Elaborado por:

Ing. Adalberto Alguero

Idoneidad Profesional: 2009-006-098 - Ingeniero Civil

Hidrografo Certificado Categoría “B” - Entidad OHI

Ing. Nathaly Vargas

Idoneidad Profesional: 2020—179-011 - Ingeniera Marítima – Portuaria

Fecha: mayo 2023

## CONTENIDO

<b>1. ESTUDIOS DE CAMPO</b> .....	<b>5</b>
1.1 CÁLCULOS Y EVALUACIONES: .....	5
<b>2. ESTUDIO BATIMÉTRICO EN EL ÁREA ASIGNADA</b> .....	<b>6</b>
2.1 PERSONAL TÉCNICO: .....	6
2.2 DATOS TÉCNICOS: .....	6
2.3 EQUIPOS PARA UTILIZAR: .....	6
2.4 NORMAS DE CALIDAD: .....	7
<b>3. DESARROLLO DEL LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO:</b> .....	<b>8</b>
3.1 LEVANTAMIENTO Y TRABAJO EN CAMPO: .....	9
3.2 COLECCIÓN DE DATOS CRUDOS .....	10
<b>4. RESULTADOS Y DATOS FINALES DE LA BATIMETRÍA</b> .....	<b>16</b>
<b>5. ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE DATOS OCEANOGRÁFICOS HISTÓRICOS PARA PROYECTO DE DISEÑO DE DARSENA, FONDEO Y ATRAQUE, PUERTO QUETZAL, GUATEMALA.</b> .....	<b>16</b>
<b>6. METODOLOGIA</b> .....	<b>17</b>
<b>7. BASE DE DATOS, TABLAS Y GRAFICOS RESULTANTES</b> .....	<b>22</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	<b>32</b>
<b>9. FUENTE DE DATA OCEANOGRÁFICA</b> .....	<b>35</b>

## ILUSTRACIONES

IMAGEN N°1. TABLA 1 ESTÁNDAR MÍNIMO PARA LEVANTAMIENTO HIDROGRÁFICOS .....	8
IMAGEN N°2. TRAZO DE LÍNEAS DE NAVEGACIÓN .....	9
IMAGEN N°3. EJEMPLO DE INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS EN LA EMBARCACIÓN.....	10
IMAGEN N° 4 DEL SOFTWARE CON LAS LÍNEAS CRUDAS LEVANTADAS.....	11
IMAGEN N°5. REFERENCIA DE LAS TABLAS DE MAREAS .....	12
IMAGEN N°6. ARCHIVO DE NIVELES DE MAREA PARA CORRECCIÓN APLICADO EN EL SOFTWARE .....	12
IMAGEN N°7. INCLUSIÓN DE LOS VALORES DE NIVELES DE LA MAREA.....	13
IMAGEN N°8. APLICACIÓN DEL VALOR DEL CALADO .....	13
IMAGEN N°9. VERIFICACIÓN DE DATUM, SISTEMAS Y OTROS .....	14
IMAGEN N°10. DATA FINAL PROCESADA MATRIZ DE DATOS DE 10M X 10M .....	15
IMAGEN N°11. BOYA DE COLOR AMARILLA .....	15
IMAGEN N°12. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO .....	18
IMAGEN N°13. GRILLA DE DATOS DISPONIBLE .....	19
IMAGEN N°14. SELECCIÓN DEL MODELO.....	20

## TABLAS Y GRÁFICOS

TABLA NO.1. ALTURA DE OLAS VS DIRECCIÓN PROMEDIO DE OLAS .....	22
TABLA NO.2. ALTURA DE OLAS VS PERIODO DE LA OLA .....	22
TABLA NO. 3. DIRECCIÓN PROMEDIO DE OLA VS PERIODO DE OLA .....	23
TABLA NO. 4. VELOCIDAD DEL VIENTO VS DIRECCIÓN DEL VIENTO .....	23
TABLA NO. 5. ALTURA DE OLAS VS DIRECCIÓN PROMEDIO DE OLAS.....	26
TABLA NO 6. ALTURA DE OLAS VS PERIODO DE LA OLA .....	26
TABLA NO. 7. DIRECCIÓN PROMEDIO DE OLA VS PERIODO DE OLA .....	27
TABLA NO. 8. VELOCIDAD DEL VIENTO VS DIRECCIÓN DEL VIENTO .....	27
GRÁFICA NO. 1. TABULACIÓN MENSUAL DE TEMPERATURA PROMEDIO Y PRECIPITACIÓN.....	21
GRÁFICO NO. 2. PERIODOS DE OLAS MENSUAL (PERIODO SECO).....	24
GRÁFICO NO. 3. VELOCIDAD DEL VIENTO MENSUAL (PERIODO SECO) .....	24
GRÁFICO NO. 4. ROSA DE ALTURA DE OLA Y MAR DE FONDO (PERIODO SECO).....	25
GRÁFICO NO. 5. ROSA DE VELOCIDAD DEL VIENTO (PERIODO SECO) .....	26
GRÁFICO NO. 6. ALTURA DE OLAS MENSUAL (PERIODO LLUVIOSO).....	28
GRÁFICO NO. 7. PERIODOS DE OLAS MENSUALES (PERIODO LLUVIOSO) .....	28
GRÁFICO NO. 8. VELOCIDAD DEL VIENTO MENSUAL (PERIODO LLUVIOSO).....	28
GRÁFICO NO. 9. ROSA DE ALTURA DE OLA Y MAR DE FONDO (PERIODO LLUVIOSO) .....	29
GRÁFICO NO. 10. ROSA DE VELOCIDAD DEL VIENTO (PERIODO LLUVIOSO).....	30

## 1. ESTUDIOS DE CAMPO

Levantamientos batimétricos y/o estudios de oceanografía básica para obtención de parámetros necesarios para el diseño de fondeo en las instalaciones de Empresa Portuaria Quetzal, Puerto San José, Escuintla, Guatemala.

### 1.1 *Cálculos y evaluaciones:*

- Características del buque diseño, o cálculo de dársena y maniobra del buque diseño dentro del área asignada o porcentaje de movimientos transversales del buque de pequeña velocidad con profundidad limitada.
- Momento de inercia del buque para determinar su radio de giro o área longitudinal sumergida del buque sometida a la acción de la corriente o área transversal sumergida del buque que es sometida a la acción de la corriente.
- Desplazamiento del buque o sobre calado por distribución de cargas para buque de diseño o altura media de la superficie de la estructura del buque, sobre un plano transversal.
- Altura media de la superficie del buque sobre un plano longitudinal o resguardo para seguridad y control de maniobrabilidad del buque o resguardo vertical libre que deberá quedar siempre entre el casco del buque y el fondo.
- Margen de seguridad o número de Froude para dársena, maniobra de atraque y acceso al muelle
- Dimensionamiento de zona de maniobra de reviró (dársena) o diseño de dársena
- Área de dársena y dársena de ciaboga
- Diseño del canal de acceso
- Desplazamiento del buque en metros cúbicos
- Cálculos del factor de timón
- Anchura nominal de la vía de navegación
- Cálculo del trincado dinámico
- Squart
- Longitud del canal de acceso



- Ancho del canal
- Balizamiento en canal de acceso
- Longitud de transición para buques
- Maniobrabilidad de atraque
- Atraque lateral
- Calado de atraque
- Longitud total de la línea de atraque
- Ancho de área de atraque
- Embarque y desembarque de mercancía de granel sólido y líquido u operaciones del buque
- Efectos hidrodinámicos inducidos por los buques en tránsito

## 2. ESTUDIO BATIMÉTRICO EN EL ÁREA ASIGNADA

### 2.1 *Personal técnico:*

- Adalberto Alguero – Hidrógrafo certificado Categoría “B” (PE-8-373)

### 2.2 *Datos técnicos:*

- Configuración de batimetría: monohaz con transductor de alta frecuencia (210KHz).
- Referencias Verticales: MLWS (mean low wáter spring) amarrado al según tabla de marea de referencia de Puerto San José.
- Referencias Horizontales: WGS84, zona 15 Norte.
- Formato de data: x,y,z formato de texto (este, norte, profundidad).
- Parámetro de calidad: según Normas S-44 (normas internacionales hidrográficas).

### 2.3 *Equipos para utilizar:*

- Ecosonda monohaz digital Syquest Hydrobox
- Transductor de alta frecuencia alta 210KHz.
- DGPS South Galaxy 3 con corrección diferencial.
- Software hidrográfico HyPack 2015. (licencia vigente).
- Lancha hidrográfica (eslora de 23pies) Nombre: BASH
- Plato de calibración de velocidad del sonido, marcas cada 2 metros.

#### **2.4 Normas de calidad:**

En cuanto a control de calidad, nos basamos en las normas internacionales S-44, regidas por la Organización Hidrográfica Internacional (OHI) y la Oficina Naval de Los Estados Unidos de América, y que describe así la norma:

“Orden 1a: Este orden se destina para aquellas áreas donde el mar es suficientemente poco profundo como para permitir que rasgos naturales o artificiales en el fondo marino constituyan una preocupación para el tráfico marítimo esperado que transite el área, pero donde la separación quilla - fondo es menos crítica que para el orden Especial. Donde puedan existir rasgos artificiales o naturales que sean de preocupación para la navegación, se requiere una búsqueda completa del fondo marino, no obstante, el tamaño de la *característica* a ser detectadas es más grande que para las de Orden Especial. En donde la separación quilla – fondo llega a ser menos crítica a medida que la profundidad aumenta, el tamaño de la característica a ser detectada por la búsqueda completa del fondo marino también es incrementada a partir de aquellas áreas donde la profundidad es mayor que 40 metros. Los levantamientos de Orden 1a pueden ser limitados para aguas más bajas que 100 metros”.

NORMAS DE LA OHI PARA LOS LEVANTAMIENTOS HIDROGRÁFICOS (S-44)  
5ta Edición, Febrero 2008

**TABLA 1**  
**Estándar Mínimo para Levantamientos Hidrográficos**  
**(Para ser leído en conjunto con el texto completo de este documento)**

Referencia	Orden	Especial	1a	1b	2
Clasificación del Levantamiento	Descripción de áreas	Áreas donde la separación quilla-fondo es crítica	Áreas de profundidades menores de 100 metros donde la separación quilla-fondo es menos crítica, pero podrían existir rasgos de interés para la navegación.	Áreas de profundidades menores de 100 metros donde la separación quilla-fondo no se considera de interés para el tipo de buque que se espera transite por el área	Áreas generalmente más profundas a 100 metros donde se considera adecuada una descripción general del fondo marino.
Posicionamiento	Máximo THU permitido 95% <u>Nivel de confianza</u>	2 metros	5 metros + 5% de profundidad	5 metros + 5% de profundidad	20 metros + 10% de profundidad
Incertidumbre Vertical	Máximo TVU permitido 95% <u>Nivel de confianza</u>	a= 0.25 metros b= 0.0075	a= 0.5 metros b= 0.013	a= 0.5 metros b= 0.013	a= 1.0 metros b= 0.023
Conocimiento del fondo marino	<u>Búsqueda Completa del Fondo Marino</u>	Requerido	Requerido	No requerido	No requerido
Medida de Profundidad	<u>Detección de rasgos</u>	Rasgos cúbicos > 1 metro	Rasgos cúbicos > 2 metros en profundidades hasta 40 metros; 10 % de la profundidad cuando ésta es mayor a 40 metros	No aplicable	No aplicable
Densidad de Sondas	Máximo espaciamiento recomendado entre líneas principales	No definido ya que se requiere una <u>búsqueda completa de fondo marino</u> .	No definido	5 x profundidad promedio o 25 metros, cualquiera que sea mayor, para LIDAR batimétrico espaciamiento entre puntos de 5 x 5 metros	4 x profundidad promedio

Imagen N°1. Tabla 1 Estándar Mínimo para levantamiento Hidrográficos

### 3. DESARROLLO DEL LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO:

**Configuración Geodésica:** En el software hidrográfico HyPack se debe configurar los parámetros geodésicos con que se trabajará nuestro proyecto, además los equipos están configurados en WGS-84, Zona 16.

**Configuración de navegación:** se planean las líneas de sondeo, para este trabajo la norma indica que por ser área de atraque y de navegación entonces el sondeo será de tipo Orden 1-A; cuyo espaciamiento será de 50m para líneas de levantamiento perpendiculares a la costa, además de líneas de comprobación con 100m de separación.

Por lo que preparamos el área con la referencia base, líneas de levantamiento y líneas de comprobación, a continuación, se presenta la imagen del software con la distribución de las líneas:

- 35 líneas de levantamiento separadas de 50m dirección de largo Norte-Sur
- 5 líneas de comprobación separadas 50m dirección 400m de largo Este-Oeste

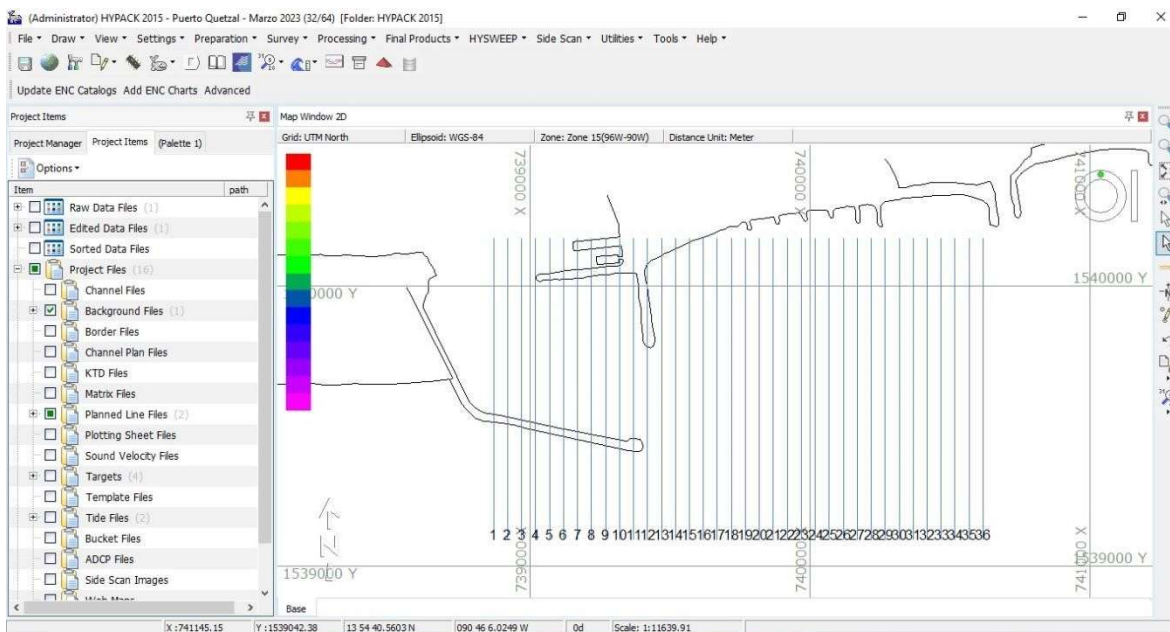


Imagen N°2. Trazo de líneas de navegación

### 3.1 Levantamiento y trabajo en campo:

- Traslado de la lancha hidrográfica al área del proyecto, se dispondrá de una lancha de pesca que será adaptada para este trabajo y saldrá del canal de Puerto San José.
- Verificación de coordenadas de GPS con respecto al punto de amarre.

Instalación de equipos en la embarcación hidrográfica, se debe tener en cuenta que la instalación de cables se hará de forma tal que evite accidentes o desconexiones involuntarias por el paso de las personas dentro de la lancha y ya cuando nos encontramos en el área de trabajo.

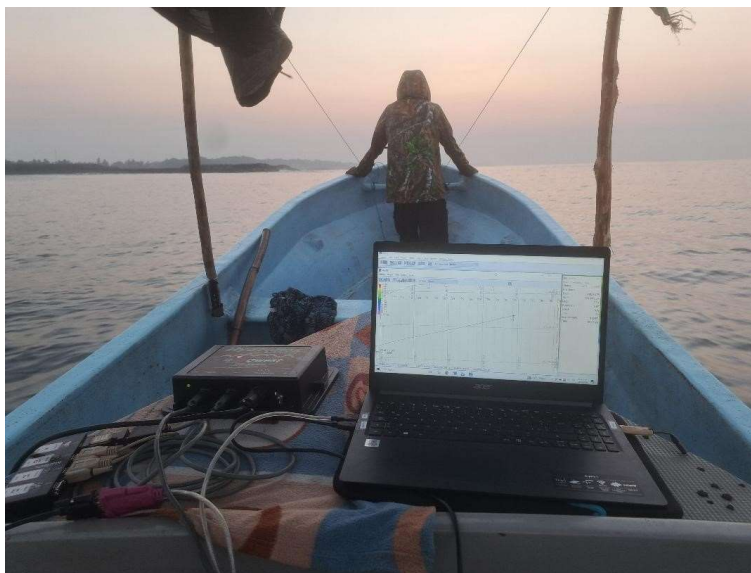


Imagen N°3. ejemplo de Instalación de los equipos en la embarcación

Luego de instalados los equipos en la embarcación hidrográfica, procedemos con la calibración de los equipos, se utilizará un plato de calibración graduado cada 2m para la medición de los parámetros de: calado y velocidad del sonido.

Este plato de calibración se ubica debajo del transductor y se observan las lecturas obtenidas y se aumenta o disminuye la velocidad del sonido para obtener mejores resultados.

Por tratarse de masas de agua salada, la calibración inició con una velocidad de sonido de 1535m/seg y de allí se variaría hasta obtener el valor que hace que los datos de la profundidad se los correctos y exactos. Al momento de la medición se obtuvieron datos confiables en las lecturas, por lo que se trabajó con dicha velocidad del sonido de 1535m/seg.

### ***3.2 Colección de datos crudos***

En el proceso de colección de datos, se da seguimiento a las líneas de levantamiento iniciando con las líneas transversales a la línea de costa, esto para obtener mejor resolución de los taludes, ya que en una simple inspección notamos los cambios drásticos de pendientes y profundidades.



Este es una muestra de cómo quedaron grabados los datos crudos en la pantalla de levantamiento del HyPack luego de la colección de datos en el área interna (área de poca profundidad).

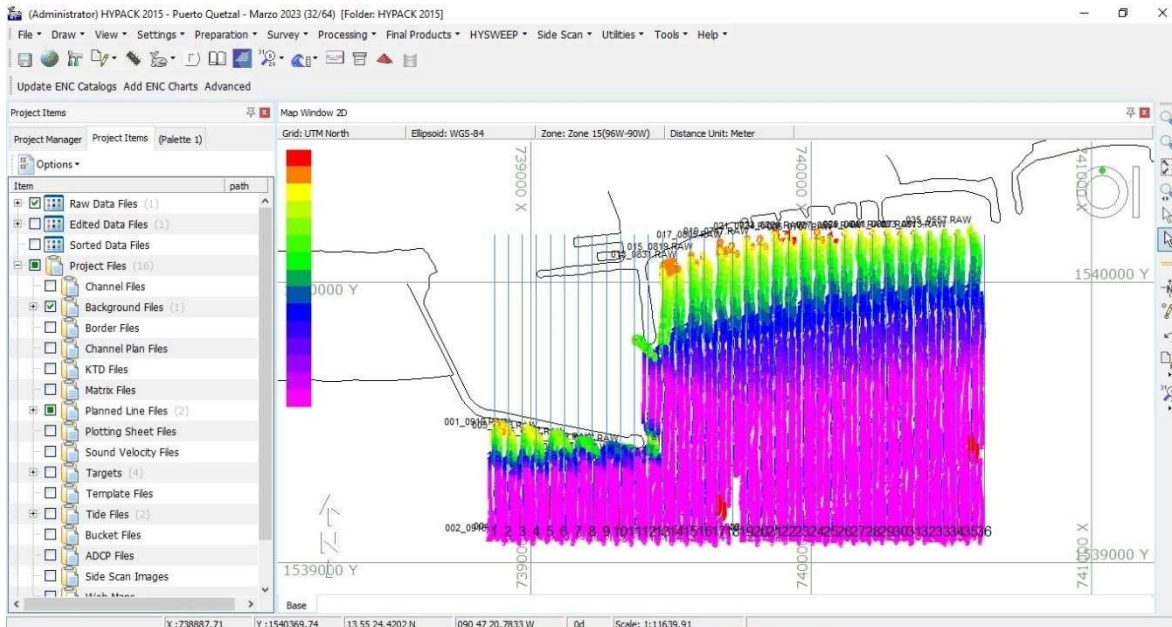
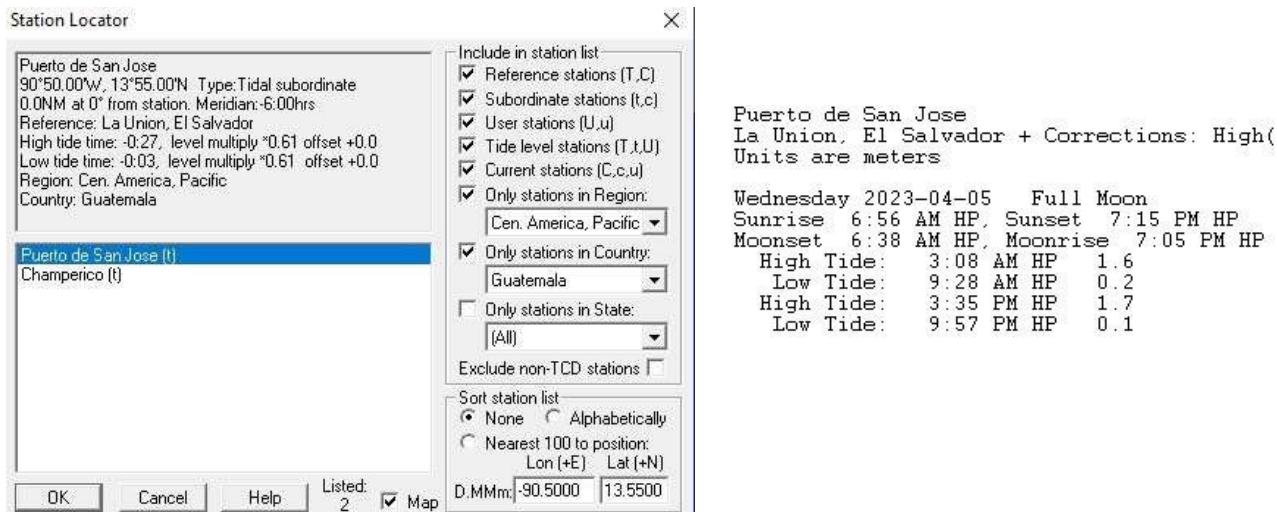


Imagen N°.4 del software con las líneas crudas levantadas

Una vez levantadas todas las líneas programadas, se procede con la desinstalación de los equipos y guardados de los mismos:

Para el procesamiento de data colectada conlleva los siguientes pasos:

- Post procesamiento de la data colectada, selección de archivos crudos levantados. Inclusión de los datos de mareas para la corrección, estos datos de los niveles del agua superficial se obtuvieron pos-levantamiento de la fuente WxTide32, con referencia a un mareógrafo ubicado en Puerto San José.



**Station Locator**

Puerto de San Jose  
 90°50.00'W, 13°55.00'N Type:Tidal subordinate  
 0.0NM at 0° from station. Meridian:-6:00hrs  
 Reference: La Union, El Salvador  
 High tide time: -0:27, level multiply \*0.61 offset +0.0  
 Low tide time: -0:03, level multiply \*0.61 offset +0.0  
 Region: Cen. America, Pacific  
 Country: Guatemala

Puerto de San Jose (t)  
 Champerico (t)

Include in station list:  
 Reference stations (T,C)  
 Subordinate stations (t,c)  
 User stations (U,u)  
 Tide level stations (T,t,U)  
 Current stations (C,c,u)  
 Only stations in Region:  
 Cen. America, Pacific  
 Only stations in Country:  
 Guatemala  
 Only stations in State:  
 (All)  
 Exclude non-TCD stations

Sort station list:  
 None  Alphabetically  
 Nearest 100 to position:  
 Lon (+E) Lat (+N)  
 D.MMm: -90.5000 13.5500

Puerto de San Jose  
 La Union, El Salvador + Corrections: High(  
 Units are meters

Wednesday 2023-04-05 Full Moon  
 Sunrise 6:56 AM HP, Sunset 7:15 PM HP  
 Moonset 6:38 AM HP, Moonrise 7:05 PM HP  
 High Tide: 3:08 AM HP 1.6  
 Low Tide: 9:28 AM HP 0.2  
 High Tide: 3:35 PM HP 1.7  
 Low Tide: 9:57 PM HP 0.1

Imagen N°5. Referencia de las tablas de mareas

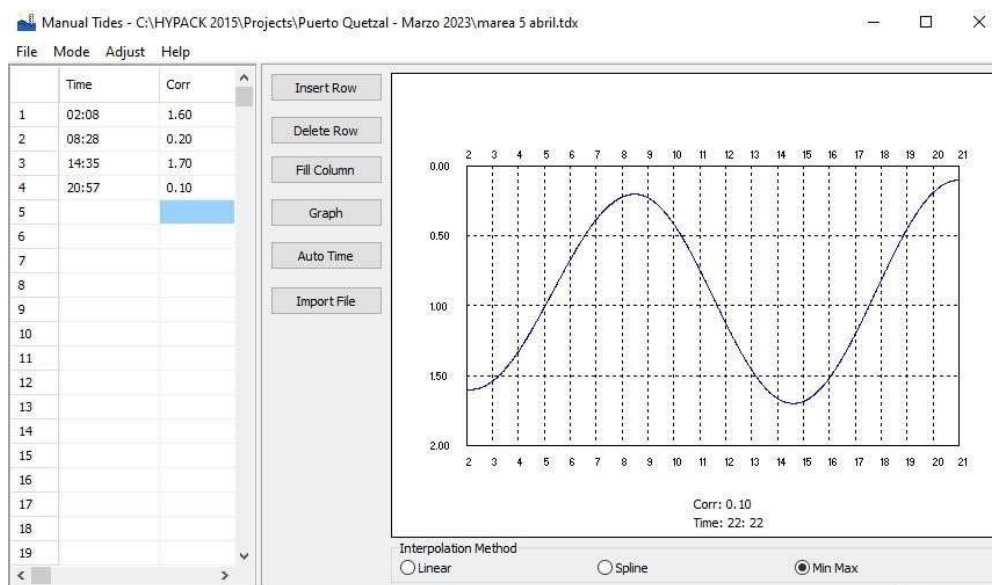


Imagen N°6. Archivo de niveles de marea para corrección aplicado en el software

- Aplicación de correcciones: niveles de agua superficial (mareas) y calado

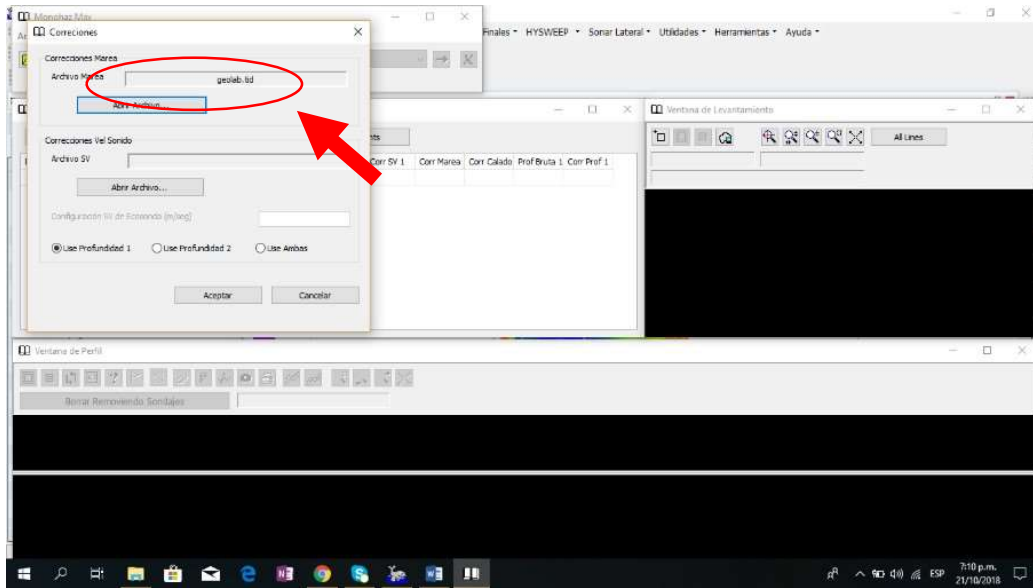


Imagen N°7. inclusión de los valores de niveles de la marea

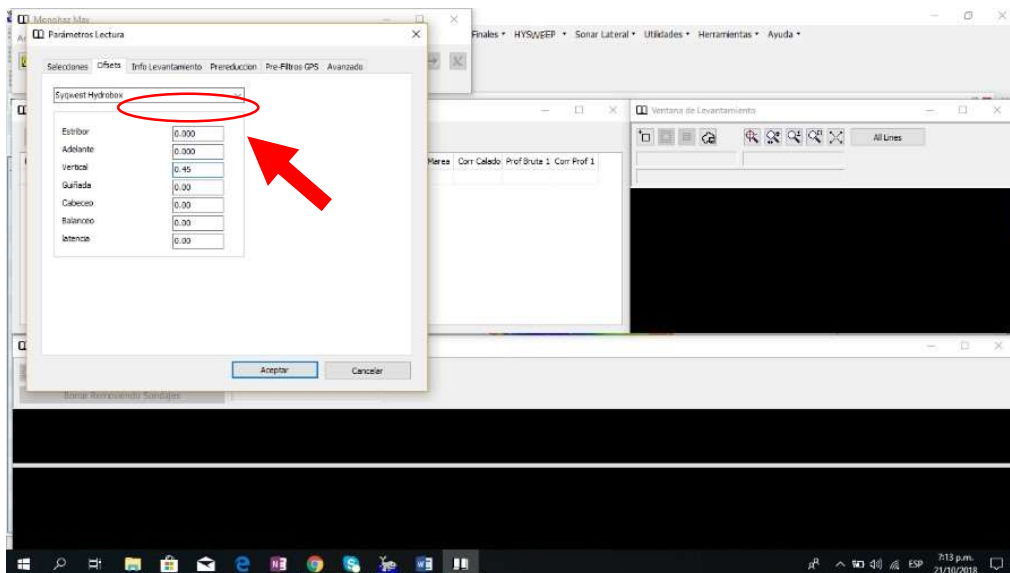


Imagen N°8. Aplicación del valor del calado



- Lectura y aplicación de correcciones a datos crudos para procesamiento

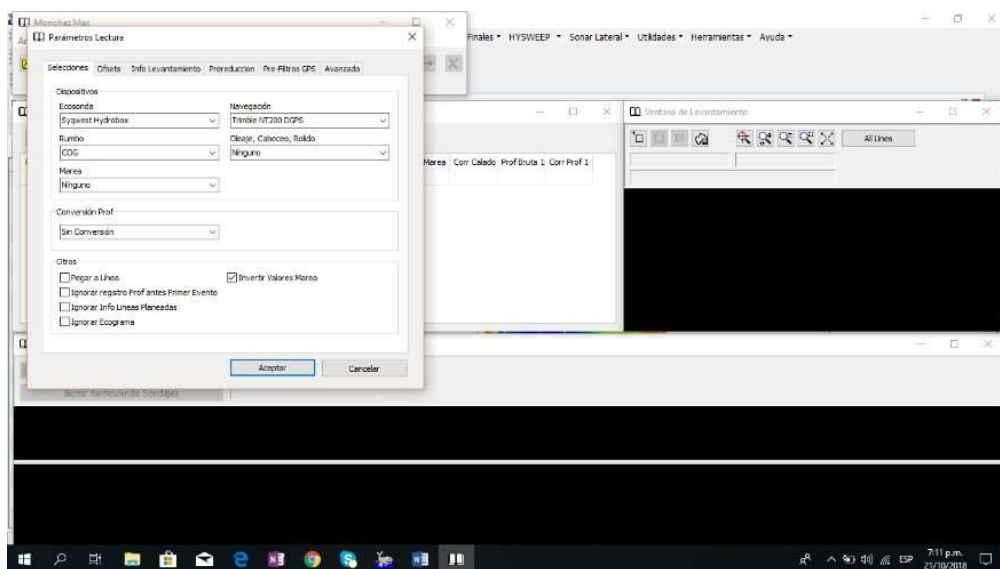


Imagen N°9. Verificación de datum, sistemas y otros

- a. Se verifican línea a línea la data colectada y se eliminan datos falsos y ecos encontrados y se genera una selección de datos a 1m de separación.
- b. Elección de una matriz de selección de datos para que el software clasifique los datos de sondeos críticos que serán parte de la matriz de datos finales.
- c. Selección de datos finales, cada caso requiere una separación de sondajes diferentes, lo que hace variar la escala y la selección de la matriz de sondaje, todo esto para que el plano impreso tendremos un sondeo cada 1.5cm, cumpliendo con la norma S-44 sobre procesamiento de datos hidrográficos y representaciones gráficas.

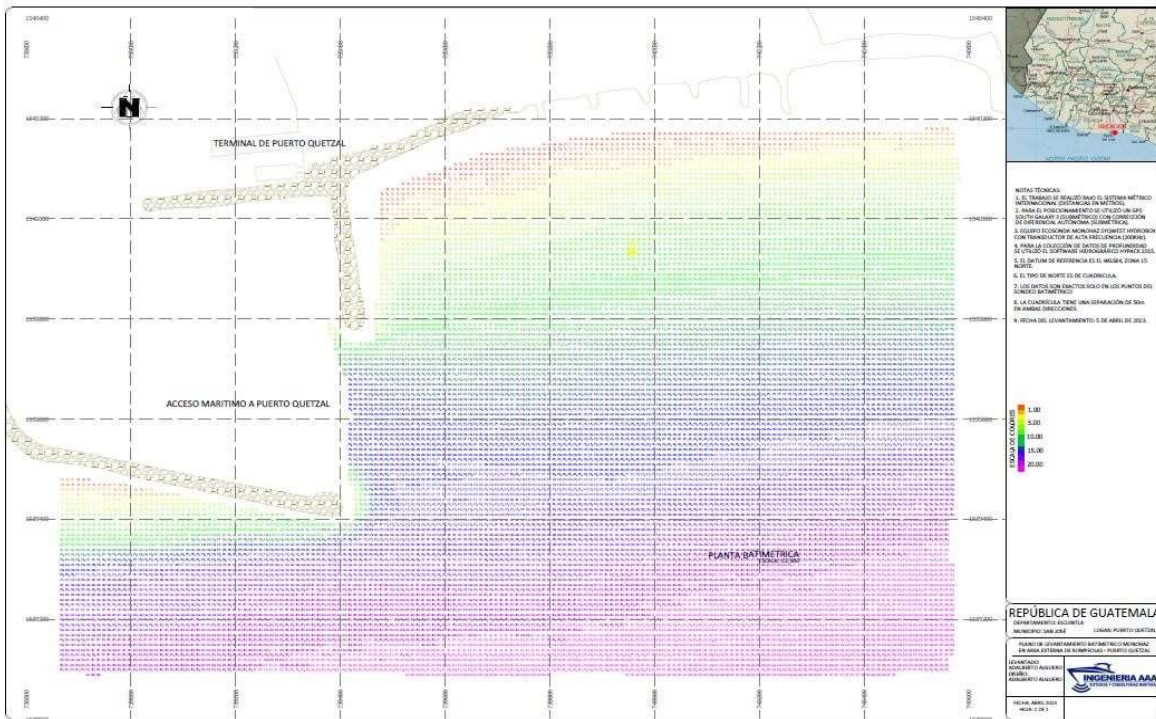


Imagen N°10. data final procesada matriz de datos de 10m x 10m

- Se ubicó una boya color amarilla dentro del área del levantamiento con coordenadas N1539937, E 739958, la misma se utilizó como método de comprobación para verificación de datos.



Imagen N°11. Boya de color amarilla

#### 4. RESULTADOS Y DATOS FINALES DE LA BATIMETRÍA

Toda la información final procesada se entregará en forma digital (CD) en formatos AutoCAD y PDF, archivo x,y,z con la data colectada; además de planos impresos a escalas adecuadas con Datum WGS84 en el sistema UTM (Universal Transversal Mercator).

Todo el proyecto se entregará en forma digital (USB) y en formato impreso, sellado y firmado por profesional responsable, se entregarán los siguientes archivos:

- Plano batimétrico en formato AutoCAD
- Plano batimétrico en formato PDF
- Informe de trabajo en formato PDF
- Data batimétrica procesada en matriz de 2x2

#### 5. ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE DATOS OCEANOGRÁFICOS HISTÓRICOS PARA PROYECTO DE DISEÑO DE DARSENA, FONDEO Y ATRAQUE, PUERTO QUETZAL, GUATEMALA.

**Puerto Quetzal** es un puerto que se encuentra ubicado en el municipio de San José, Escuintla en Guatemala, sobre el litoral Pacífico (Latitud 13° 55' N; Longitud 90° 47' W); a 98 km de la capital del país. El puerto es estatal administrado por la Empresa Portuaria Quetzal y desde sus inicios en 1983 utiliza un sistema mixto al autorizar a particulares la prestación de ciertos servicios al buque y la carga con tarifas fijadas por la Empresa y aprobadas por Acuerdo de Gobierno.

1. El muelle principal es del tipo marginal y los buques que atiende son: granel sólido, portacontenedores, tanque, gasero, barcaza, frigoríficos, carga general, roll on-roll off, cruceros y buques de carga distintos a los anteriores.

El acceso a las vías marítimas es a través de un canal de acceso de 210 metros de ancho entre morros de los rompeolas oeste y este. A la entrada de la dársena de maniobras, en la zona del codo del rompeolas oeste, tiene un ancho de 340 metros. Asimismo, este canal cuenta con una curvatura de 1,000 metros para permitir un

acceso sin borneos. Su orientación es hacia el sureste para poder afrontar el oleaje de fuerza apreciable con azimut  $150^{\circ}$ .

2. Condiciones climatológicas: El clima se denomina cálido tropical, en donde existen diferentes épocas donde las lluvias suelen ser devastadoras, hasta llegar al punto de inundar completamente San José; así como ocurrió en el mes de noviembre de 2022. Puede alcanzar una temperatura de hasta  $29.4^{\circ}\text{C}$ . La zona de vida según Holdridge es un bosque húmedo subtropical cálido. Guatemala geográficamente se encuentra en una zona bastante privilegiada debido al clima y por éste a las especies que dependen de él, es por lo que en el mar suelen encontrarse grandes cantidades de organismos. Aún en la dársena que es una zona con bastante influencia por actividades industriales es un lugar en el cual se encuentran diversas formas de vida; a pesar de que el fondo es lodoso y que normalmente posee movimiento por los motores de las embarcaciones, cuenta con vida marítima. Existe una zona de confluencia de los vientos alisios de ambos hemisferios (norte y sur) que afecta el clima de los lugares que caen bajo su influencia y que para nuestro país tiene particular importancia: la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la cual se mueve siguiendo el movimiento aparente del sol a través del año. Esta migración norte-sur de la ZCIT produce las dos estaciones (seca y lluviosa) características de la mayor parte de nuestro territorio.

Oficialmente según el Departamento de Hidro meteorología de INSIVUMEH, los periodos para las diferentes temporadas en nuestro país son:

- Temporada seca inicia 16 de diciembre al 15 de abril
- Temporada lluviosa inicia el 15 de abril al 16 de diciembre

## 6. METODOLOGIA

El método que utilizaremos para evaluar las preferencias y tendencias de los cinco parámetros oceanográficos básicos nos ayudará a conocer todos los valores de diseño al momento de calcular y levantar los diseños de un proyecto de construcción, por medio de tablas, gráficas y valores de los datos oceanográficos más importantes con data histórica colectada por boyas oceanográficas.

Estos cinco parámetros oceanográficos básicos son los siguientes:

- Altura de la ola significativa (m)
- Periodo de la ola significativa (s)
- Dirección de la corriente producida por oleajes (grados oceanográficos)
- Dirección del viento (grados oceanográficos)
- Magnitud del viento (m/s)

Primeramente, se utiliza un programa online de Retrospectiva Oceanográfica, cuyo objetivo es la compra de data histórica de un punto cercano a nuestro proyecto el cual será evaluado para todas las situaciones existentes posibles que puedan presentarse en nuestra área de estudio, para nuestro caso las coordenadas son: E739912, N1538959.

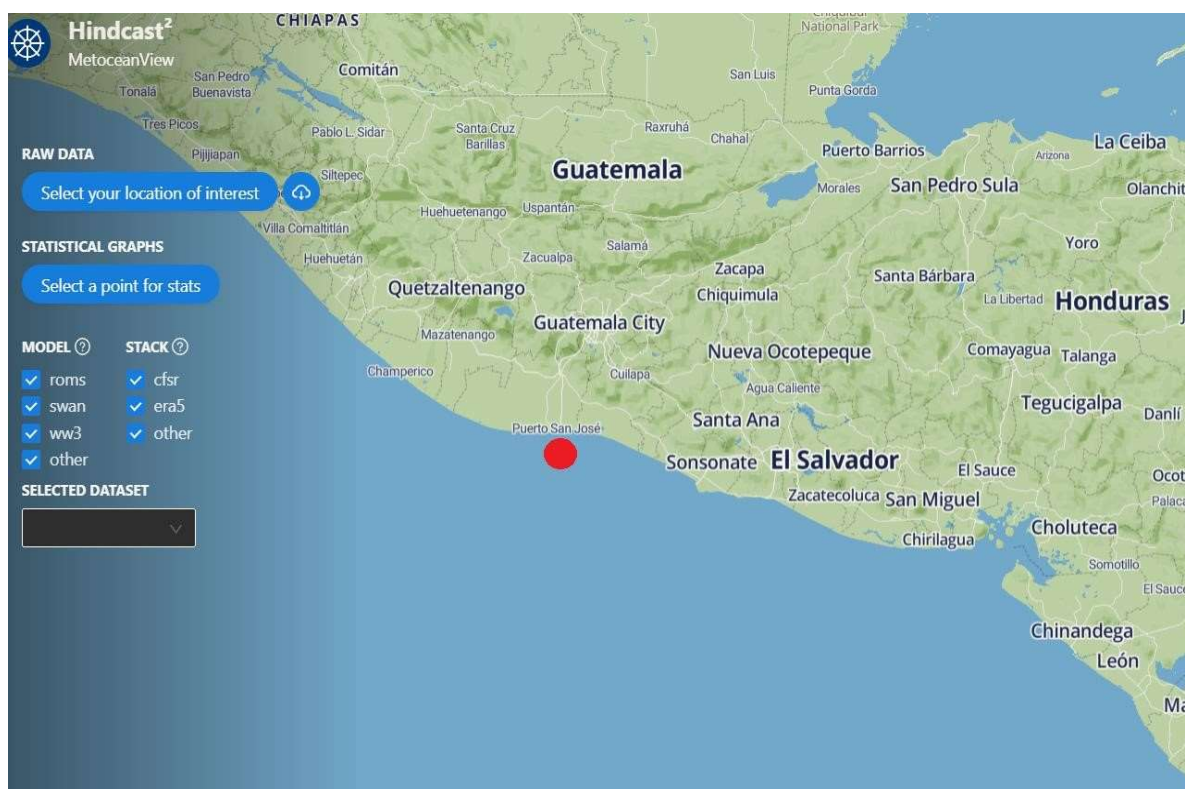


Imagen N°12. localización del área en estudio

Inmediatamente el software crea una grilla de donde mantenga datos oceanográficos del modelo WW3 Global ST4 para que seleccionar el punto más cercano a nuestra área de estudio, para nuestro caso las coordenadas de los datos más cercanos fueron: Latitud 13.888850° y Longitud 268.9381°



Imagen N°13. Grilla de datos disponible

En cuanto a los modelos y sus características, se debe tomar en cuenta que cuando se utiliza un modelo numérico para generar los datos WW3 (Weather Watch 3) generalmente se usa para crear datos de olas a nivel mundial o en grandes regiones. Mientras que SWAN (Simulating Waves Nearshore) es un modelo de propagación de oleaje espectral que simula la energía contenida en las ondas en su propagación desde superficies oceánicas hasta zonas costeras y generalmente se usa para producir datos de olas de alta resolución en áreas costeras pequeñas.

Para nuestra evaluación utilizaremos el modelo WW3 que es el modelo más básico y que genera automáticamente todas las gráficas requeridas para la evaluación general.

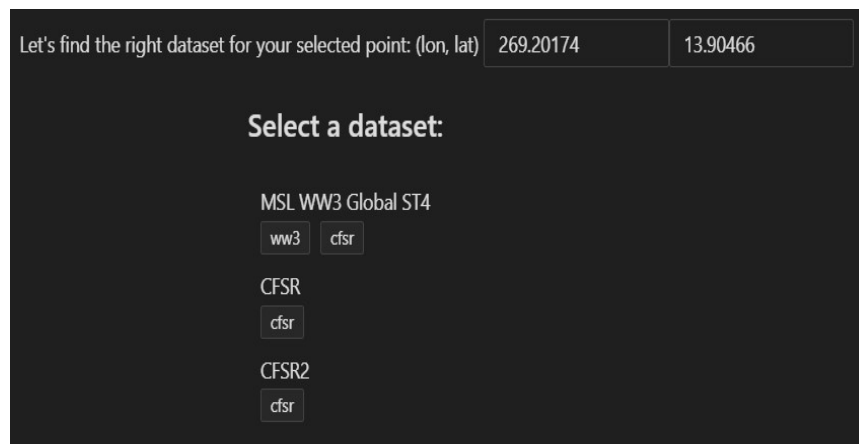


Imagen N°14. selección del modelo

Para nuestra coordenada de estudio, pudimos obtener las estadísticas para el conjunto de datos: MSL WW3 Global ST4 desde diciembre de 1978 hasta diciembre de 2020.

Debemos tener en cuenta, que, por nuestra posición geográfica, nos rige el clima tropical seco y húmedo, por lo que nos caracterizamos por tener dos estaciones muy marcadas, una muy lluviosa (que va de Junio a Diciembre) y otra muy seca (que va de Enero a Mayo). La época lluviosa tiene lugar cuando el sol está en el mismo hemisferio, muy alto en el horizonte (en verano), mientras que la época seca tiene lugar cuando el sol está bajo en el horizonte (en invierno).

Las lluvias dependen de la posición de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y de los vientos alisios, por lo que cuando existe un obstáculo ortográfico se dan aumento de las velocidades del viento.

Puerto San José tiene un clima tropical. Hay precipitaciones durante todo el año en dicha área. El clima aquí se clasifica como Af por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura media anual en Puerto San José se encuentra a 24.3 °C. Hay alrededor de precipitaciones de 2735 mm.

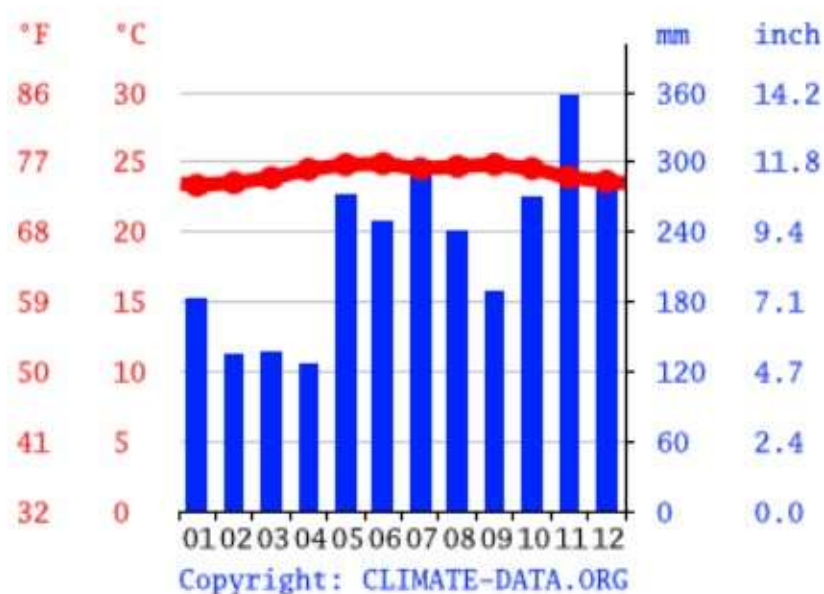
El mes con más lluvia es julio, con un promedio de 236 milímetros de lluvia. El mes con menos lluvia es marzo, con un promedio de 23 milímetros de lluvia.

En este clima la época seca no debe de durar más de cuatro a cinco meses. Las altas temperaturas hacen que durante la época seca la evapotranspiración sea muy importante,

de tal manera que se consume la reserva de agua, y si es muy larga llega a una profunda aridez, teniendo así que mayo representa el mes más seco del año.

Por esta razón hemos separado nuestro estudio en dos grandes grupos:

- Estación seca que va de enero a mayo
- Estación lluviosa que va de junio a diciembre



Gráfica No. 1. Tabulación mensual de temperatura promedio y precipitación



## 7. BASE DE DATOS, TABLAS Y GRAFICOS RESULTANTES

Para periodos de Enero a Mayo (estación seca). – Matrices que se generan de los datos.

significant height of wind and swell	wave mean direction							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0 - 0.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0.5 - 1	0%	0%	0%	0.1%	5.9%	2.4%	<0.1%	0%
1 - 1.5	<0.1%	<0.1%	0.2%	1.1%	37.6%	22.2%	0.5%	<0.1%
1.5 - 2	<0.1%	<0.1%	0.1%	0.2%	13%	12.5%	0.3%	<0.1%
2 - 2.5	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	1.3%	1.9%	<0.1%	<0.1%
2.5 - 3	0%	0%	0%	<0.1%	0.2%	0.2%	0%	0%
3 - 3.5	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
3.5 - 4	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%

Tabla No.1. Altura de olas vs Dirección Promedio de Olas

significant height of wind and swell	wave peak period <sup>8</sup>																			
	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	15 - 16	16 - 17	17 - 18	18 - 19	19 - 20
0 - 0.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0.5 - 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	1.1%	2.5%	2.2%	1%	0.5%	0.6%	<0.1%	0.2%	0.1%
1 - 1.5	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.3%	0.1%	0.2%	0.1%	0.9%	7.5%	17.9%	14.6%	7%	8.1%	1.5%	2.4%	0.9%
1.5 - 2	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.3%	2%	6.2%	5.4%	7.5%	2%	2%	0.7%
2 - 2.5	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.2%	0.5%	1.2%	0.6%	0.4%	0.2%
2.5 - 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0.1%	0.1%	<0.1%	<0.1%
3 - 3.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
3.5 - 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla No.2. Altura de olas vs Periodo de la ola

		wave mean direction							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
wave peak period <sup>s</sup>	0 - 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	1 - 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2 - 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	3 - 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	4 - 5	0%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%
	5 - 6	0%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%
	6 - 7	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	0%
	7 - 8	0%	<0.1%	<0.1%	0.3%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%
	8 - 9	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
	9 - 10	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	<0.1%
	10 - 11	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
	11 - 12	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	1.4%	0.3%	<0.1%	<0.1%
	12 - 13	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.3%	7.1%	2.7%	0.2%	<0.1%
	13 - 14	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.3%	14.3%	7.3%	0.2%	<0.1%
	14 - 15	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.2%	13.1%	8.6%	<0.1%	<0.1%
	15 - 16	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	7.1%	6.1%	<0.1%	<0.1%
	16 - 17	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	8.8%	8.5%	<0.1%	<0.1%
	17 - 18	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	2%	2.2%	<0.1%	0%

Tabla No. 3. Dirección promedio de ola vs periodo de ola

		wind_direction							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
wind_speed <sup>m/s</sup>	0 - 5	10.2%	11.2%	8.1%	5.7%	8.2%	7.9%	8.1%	11.1%
	5 - 10	0.6%	8.4%	2.9%	2.8%	6.7%	4.3%	2.5%	1.1%
	10 - 15	<0.1%	0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	<0.1%

Tabla No. 4. Velocidad del viento vs Dirección del viento

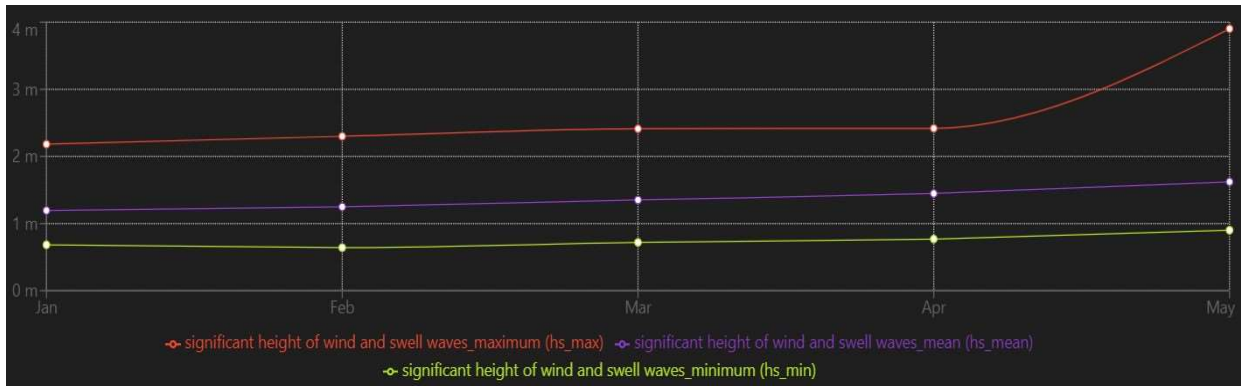


Gráfico No. 1. Altura de olas mensual (periodo seco)

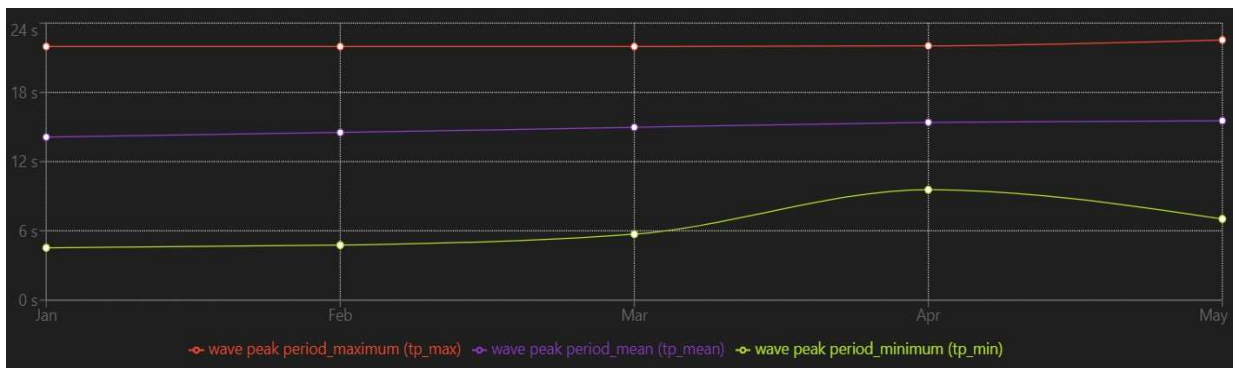


Gráfico No. 2. Periodos de olas mensual (periodo seco)

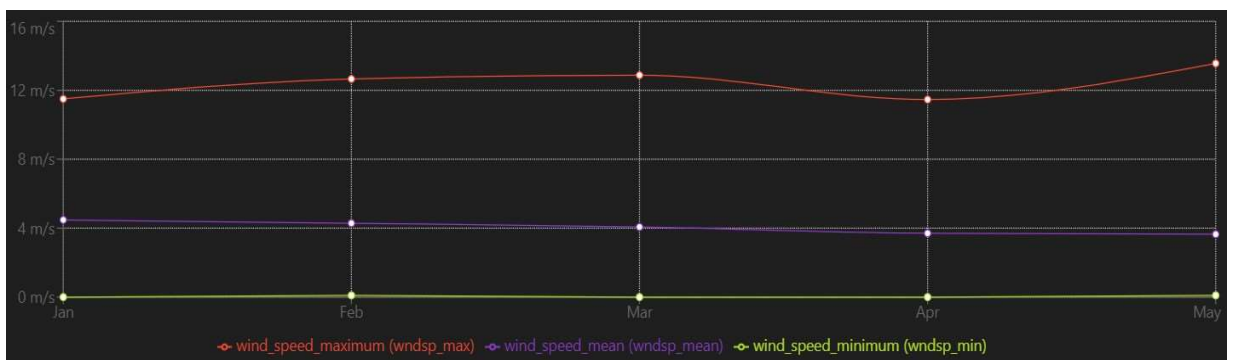


Gráfico No. 3. Velocidad del viento mensual (periodo seco)

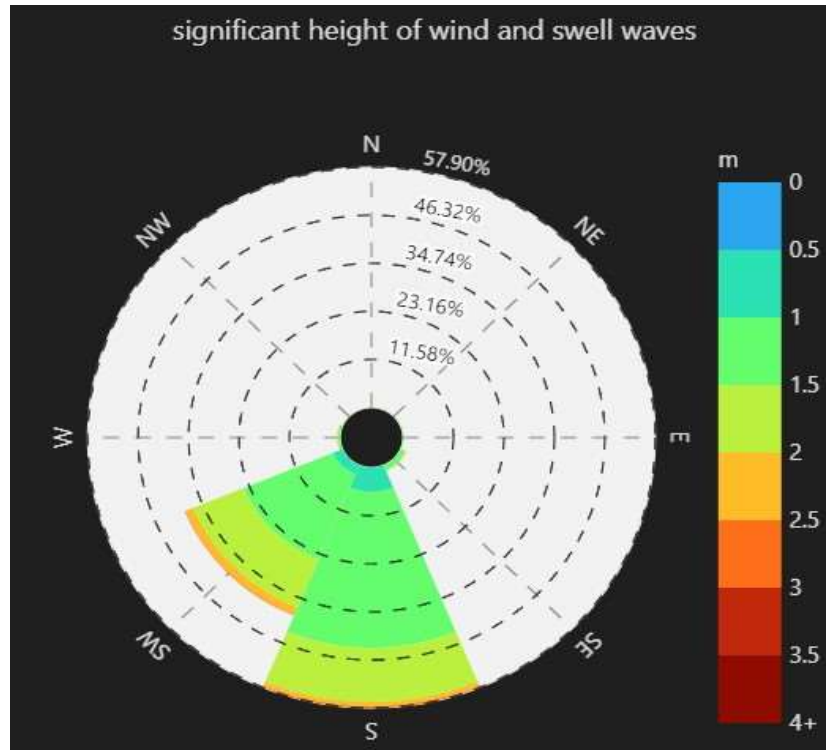


Gráfico No. 4. Rosa de altura de ola y mar de fondo (período seco)

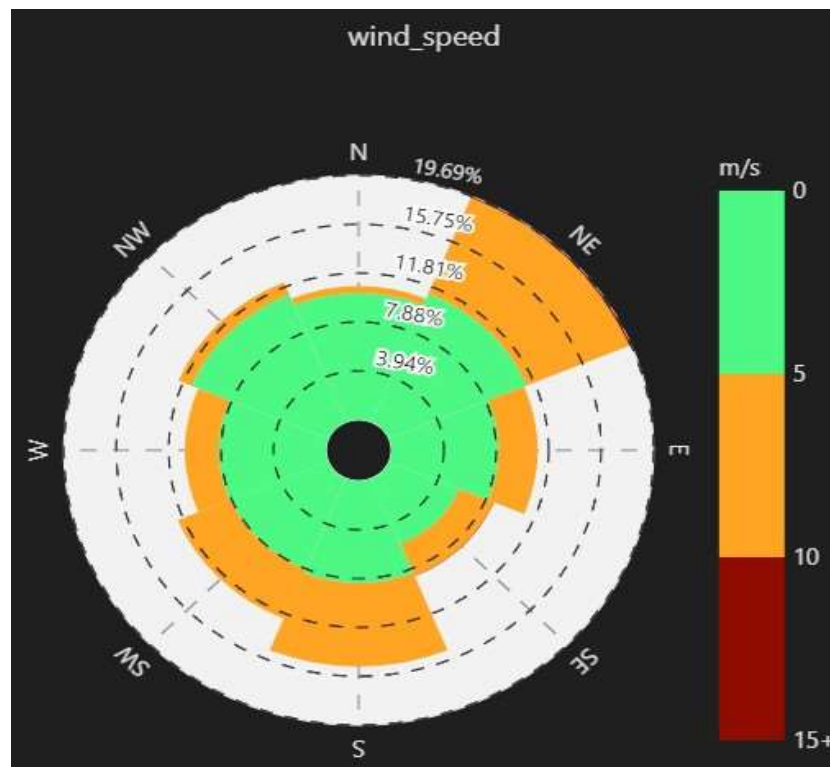




Gráfico No. 5. Rosa de velocidad del viento (periodo seco)

Para periodos entre Junio a Diciembre (estación lluviosa). – Matrices que se generan de los datos.

significant height of wind and swell waves <sup>m</sup>	wave mean direction °							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0 - 0.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0.5 - 1	0%	0%	<0.1%	<0.1%	2.6%	1.2%	<0.1%	0%
1 - 1.5	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.3%	27.9%	18.8%	0.2%	<0.1%
1.5 - 2	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	18.2%	20.4%	<0.1%	<0.1%
2 - 2.5	0%	0%	0%	<0.1%	3.2%	5.6%	<0.1%	0%
2.5 - 3	0%	0%	0%	<0.1%	0.4%	0.6%	0%	0%
3 - 3.5	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
3.5 - 4	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
4 - 4.5	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
4.5 - 5	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%
5 - 5.5	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%

Tabla No. 5. Altura de olas vs Dirección Promedio de Olas

significant height of wind and swell waves <sup>m</sup>	wave peak period <sup>s</sup>																			
	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	15 - 16	16 - 17	17 - 18	18 - 19	19 - 20
0 - 0.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0.5 - 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.5%	1.2%	1%	0.5%	0.2%	0.2%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
1 - 1.5	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.2%	0.2%	0.3%	0.5%	1.5%	6.5%	13.9%	10.3%	4.7%	5.7%	1.2%	1.7%	0.7%
1.5 - 2	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0.1%	0.3%	0.2%	0.1%	0.2%	1%	5.2%	9.6%	7.3%	8.8%	2.3%	2.3%	1.2%
2 - 2.5	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0.1%	0.2%	0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	0.3%	0.8%	1.4%	3%	1.2%	0.9%	0.5%
2.5 - 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	<0.1%
3 - 3.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
3.5 - 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	<0.1%	<0.1%	0%
4 - 4.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4.5 - 5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 - 5.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla No 6. Altura de olas vs Periodo de la ola

		wave mean direction							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
wave peak period <sup>s</sup>	0 - 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	1 - 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2 - 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	3 - 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	4 - 5	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%
	5 - 6	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%
	6 - 7	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
	7 - 8	0%	0%	<0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0%	0%
	8 - 9	<0.1%	0%	<0.1%	<0.1%	0.4%	0.5%	<0.1%	0%
	9 - 10	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	0.3%	0.3%	<0.1%	<0.1%
	10 - 11	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0.5%	0.2%	<0.1%	<0.1%
	11 - 12	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	1.5%	0.6%	<0.1%	0%
	12 - 13	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	5.5%	3.1%	<0.1%	<0.1%
	13 - 14	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	12%	8.3%	<0.1%	<0.1%
	14 - 15	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	11.4%	9.8%	<0.1%	<0.1%
	15 - 16	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	6.6%	7%	<0.1%	<0.1%
	16 - 17	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	7.9%	10%	<0.1%	<0.1%
	17 - 18	0%	0%	0%	<0.1%	2.2%	2.7%	0%	0%

Tabla No. 7. Dirección promedio de ola vs periodo de ola

		wind direction							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
wind_speed m/s	0 - 5	9.2%	14.6%	10%	7.4%	8.4%	7.9%	8.1%	8%
	5 - 10	0.6%	6.4%	3.7%	3.6%	3.6%	4.1%	3%	1%
	10 - 15	0%	<0.1%	0.2%	0.2%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%
	15 - 20	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%

Tabla No. 8. Velocidad del viento vs Dirección del viento

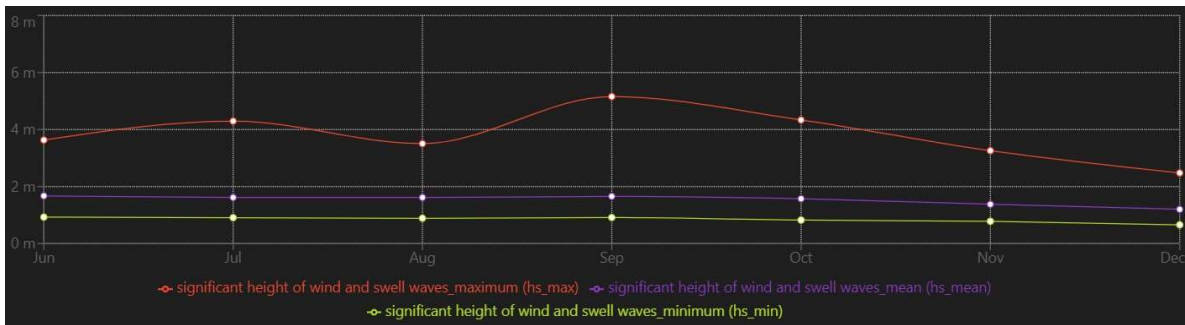


Gráfico No. 6. Altura de olas mensual (periodo lluvioso)

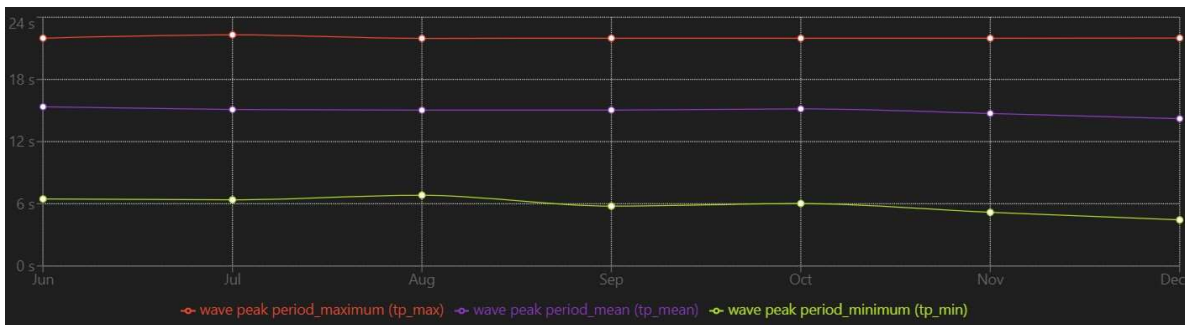


Gráfico No. 7. Periodos de olas mensuales (periodo lluvioso)

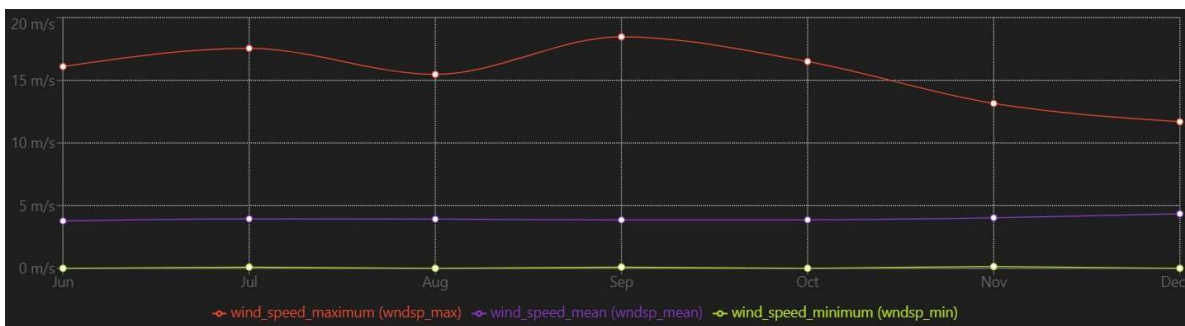


Gráfico No. 8. Velocidad del viento mensual (periodo lluvioso)

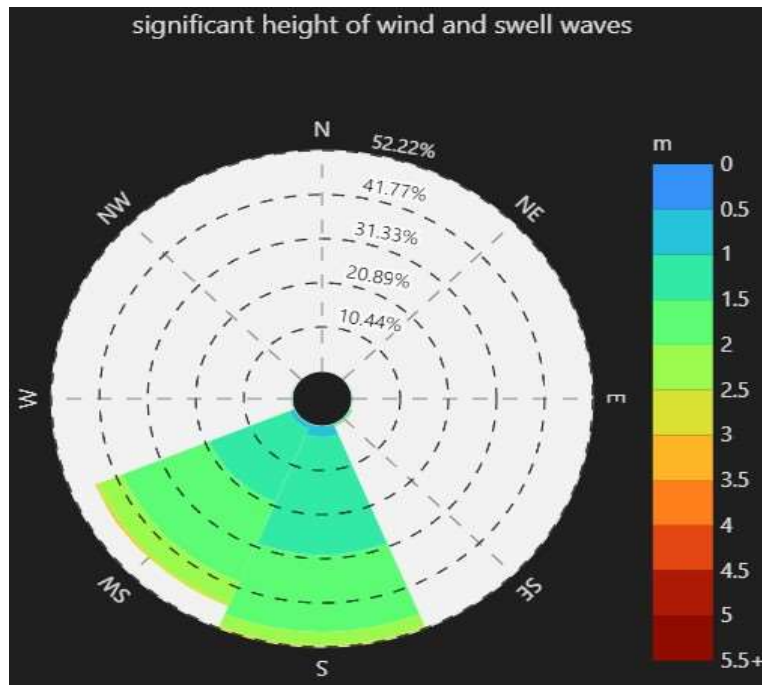


Gráfico No. 9. Rosa de altura de ola y mar de fondo (periodo lluvioso)

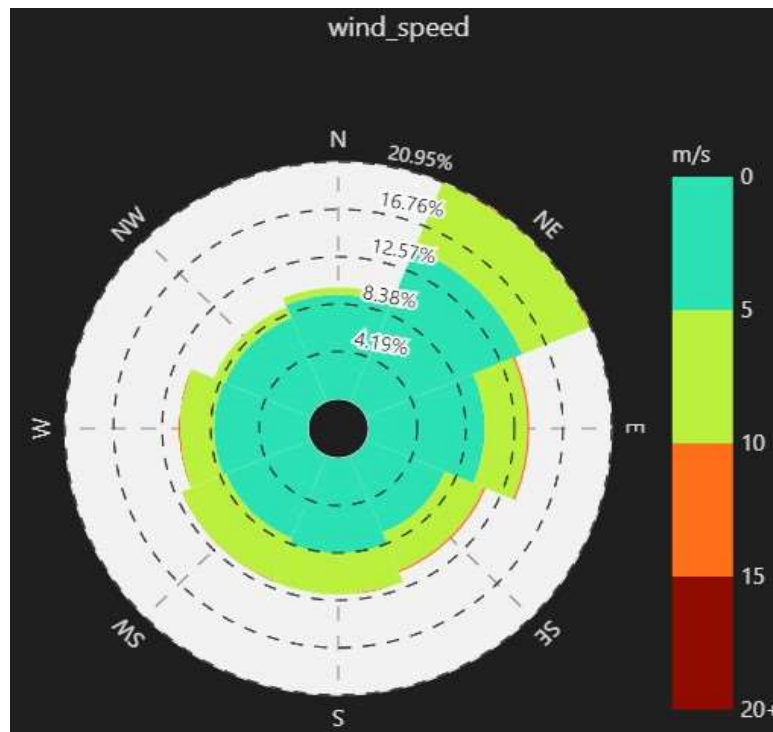




Gráfico No. 10. Rosa de velocidad del viento (periodo lluvioso)

Finalmente procedimos a tabular los valores extremos estacionales para diferentes periodos de retorno, obteniendo las siguientes tablas:

Extremos estacionales medios en: enero

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	3,3	3,7	3,8	4,1	4,3	4,7	5,2
velocidad del viento <small>m/s</small>	12,7	13,5	13,9	14,6	14,9	15,9	16,8

Extremos estacionales medios en: febrero

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	3,2	3,6	3,7	4	4,2	4,6	5,1
velocidad del viento <small>m/s</small>	13	14,2	14,7	15,8	16,3	17,8	19,3

Extremos estacionales medios en: marzo

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	3,3	3,7	3,9	4,3	4,5	5	5,6
velocidad del viento <small>m/s</small>	14	15,9	16,7	18,7	19,6	22,4	25,3

Extremos estacionales medios en: abril

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,7	3	3,1	3,4	3,6	4	4,5
velocidad del viento <small>m/s</small>	12,7	14,9	15,9	18,2	19,1	22,5	25,9

Extremos estacionales medios en: mayo

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,1	2,3	2,4	2,6	2,7	3	3,3
velocidad del viento <small>m/s</small>	10,7	12	12,6	13,8	14,4	16,1	17,8

Extremos estacionales medios en: junio

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,4	2,6	2,7	2,9	3	3,3	3,6
velocidad del viento <small>m/s</small>	10,6	12,2	12,9	14,5	15,2	17,4	19,6

Extremos estacionales medios en: julio

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,5	2,7	2,8	3	3,1	3,4	3,7
velocidad del viento <small>m/s</small>	10,6	11,9	12,4	13,6	14,2	15,9	17,5

Extremos estacionales medios en: agosto

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,3	2,5	2,6	2,8	2,8	3,1	3,4
velocidad del viento <small>m/s</small>	10,5	12	12,6	14,2	14,8	17,1	19,3

Extremos estacionales medios en: septiembre

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	1,8	2	2	2,2	2,3	2,5	2,8
velocidad del viento <small>m/s</small>	10,1	11,7	12,4	14	14,7	17,1	19,5

Extremos estacionales medios en: octubre

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	1,9	2,2	2,3	2,6	2,7	3	3,4
velocidad del viento <small>m/s</small>	12,2	14,5	15,5	17,9	18,9	22,2	25,6

Extremos estacionales medios en: noviembre

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,7	3,1	3,3	3,6	3,8	4,3	4,9
velocidad del viento <small>m/s</small>	14,1	17,2	18,5	21,6	22,9	27,5	32,1

Extremos estacionales medios en: diciembre

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	3,1	3,4	3,5	3,8	3,9	4,4	4,8
velocidad del viento <small>m/s</small>	13,4	15,6	16,5	18,8	19,7	23	26,2



Su objetivo es dar una idea general de las condiciones extremas, **pero no son adecuados como estadísticas de diseño final** meta oceánico. Es posible que los valores no capturen la magnitud máxima de los extremos de los ciclones tropicales que son muy frecuentes en esta zona.

## 8. CONCLUSIONES

Datos resultantes durante los meses de enero a mayo (**estación seca**).

Para el caso de la altura de olas generadas por vientos y por mar de fondo, la mayor parte de ellas (59.8%) son de alturas menores a 1.5m y otro 25.5% entre 1.5m y 2.0m siendo el porcentaje mayor las olas con la dirección Sur. Ver tabla No.1.

En cuanto a los periodos de oleajes, el porcentaje más alto de ellas (17.9%) tienen periodos dentro del rango de 13s a 14s; lo que si pudimos observar es que se mantienen en un rango de 12s a 17s y alturas se encuentran entre 0.5m y los 2.0m, lo que demuestra que las olas producidas por viento son menores (no significativas) por ser oleajes bajos a medios y en mayor cantidad olas producidas por mar de fondo, estas olas de mar de fondo tienen alturas hasta de 2.0m. Ver tabla No.2.

En el tema de las direcciones de las olas promedio graficados con los periodos de olas altos (entre 12s a 17s), podemos concluir que el 50.4% de las olas son provenientes del Sur, y otro 30.5% con los mismos periodos son provienen del Suroeste. Ver tabla 3.

Con respecto al tema de los vientos, encontramos 2 grandes grupos el cual debe ser especialmente tomado en consideración para cuando se diseñe la altura y ubicación de las obras de protección (ver tabla 4):

- 70.5% de los vientos se distribuyen casi equitativamente en todas direcciones, sin embargo, son de baja magnitud 0 y 5 m/s.
- 28.2% de los vientos se distribuyen casi equitativamente en todas direcciones, sin embargo, son de media magnitud 5 y 10 m/s.

Los oleajes son de menor impacto durante la estación seca, esto producto de los vientos, sin embargo, para los primeros cuatro meses del año son muy similares en su comportamiento (máximas de 3.60m), tomar en cuenta que las olas medias o promedio (1.442m) son 31.09% la altura de las olas máximas. Sin embargo, para el mes de mayo se incrementa la altura de la ola llegando hasta 4m. Por lo que los diseños deben regirse por los valores máximos. Ver gráfica 1.

Los periodos de las olas durante la estación seca se mantienen bastante constantes y con periodos promedios de 13 segundos que se consideran como de olas producidas por efecto de mar de fondo. Ver grafica 2.

Al igual que la altura de los oleajes, la velocidad de los vientos aumenta para el mes de mayo (14.615m/s), a tener en cuenta para el diseño. Los demás meses simula mantener las velocidades mínimas y promedio constantes. Ver gráfica 3.

Después de crear gráficas de altura de olas (tipo rosa de los vientos), confirmamos que gran parte de los vientos provienen de Sur y Suroeste con un alto porcentaje (93.99%), sin embargo, la mayor parte de estas olas son de alturas medias (1.0 a 2.0m). Ver gráfica 4.

Igualmente, para el tema de las velocidades de los vientos pudimos confirmar su alto porcentaje de las olas de 5 a 10 m/s que son provenientes de Noreste; en este punto también debemos tener especial atención a los vientos provenientes del Sur ya que son los de mayor intensidad. Ver gráfica 5.

Datos resultantes durante los meses de junio a diciembre (**estación lluviosa**). Para esta estación los valores de oleajes, vientos y periodos son muy similares al de la temporada seca.

Para el caso de la altura de olas generadas por vientos y por mar de fondo, la mayor parte de ellas (85.3%) son de alturas menores a 2.0m; siendo el porcentaje mayor las olas entre 1m y 1.5m con la dirección Sur y Suroeste. Ver tabla 5.

En cuanto a los periodos de oleajes, el porcentaje más alto de ellas (41.1%) tienen periodos dentro del rango de 12s a 17s, esto para altura de olas entre 1.0m y 1.5m; también encontramos un rango de periodo de oleaje alto (30.9%) para periodos de 13s a 17s estos con alturas entre 1.5m y 2.0m; al igual que durante la estación seca se observó que se mantienen en un rango de 6s a 10s los porcentajes altos y medios y alturas se encuentran entre 0.5m y los 2.0m, lo que demuestra que la mayoría son olas producidas por efecto de mar de fondo por ser oleajes bajos a medios y en menor cantidad olas producidas por viento. Ver tabla 6.

Al igual que para los gráficos de las direcciones de las olas promedio graficados con los periodos de olas, podemos concluir que el 84.1% de las olas con periodos entre 6 a 10 segundos provienen del Sur y Suroeste. Para tener en cuenta al momento de crear el diseño de la estructura. Ver tabla 7.

Con respecto al tema de los vientos, encontramos 2 grandes grupos el cual debe ser especialmente tomado en consideración para cuando se diseñe la altura y ubicación de las obras de protección (ver tabla 8):

- 73.6% de los vientos se distribuyen casi equitativamente en todas direcciones, sin embargo, son de baja magnitud 0 y 5 m/s.
- 25% de los vientos se distribuyen casi equitativamente en todas direcciones, sin embargo, son de media magnitud 5 y 10 m/s.

Las alturas de las olas son constantes durante los meses de junio a septiembre, sin embargo, se muestra un aumento significativo del 45.82% en la altura para el mes de noviembre. Ver gráfico 6.

Los periodos de las olas mantienen su máximo periodo durante los meses de julio llegando a un 16.74 segundos que es un valor alto y va disminuyendo constantemente hasta llegar a su menor valor en los meses de diciembre con 11.34 segundos. Ver gráfico 7.

La gráfica de las velocidades de los vientos muestra dos tendencias marcadas:

- Los valores de las velocidades mínimas y medias son constantes durante todo el periodo de la estación lluviosa, Existe un marcado valor que se incrementa para el mes de agosto en cuanto a las velocidades máximas y que vuelve a regularse para los siguientes meses. Ver gráfico 8.
- En cuanto a la altura de la ola se mantiene una similitud en cuanto al comportamiento en ambas estaciones, confirmamos que gran parte de los vientos provienen de Nordeste con un alto porcentaje (90.59%), sin embargo, la mayor parte de estas olas son de alturas medias (0.5 a 2.5m). Ver gráfica 9.
- Igualmente, para el tema de las velocidades de los vientos pudimos confirmar su alto porcentaje de las olas de 0 a 5 m/s que son provenientes de Oeste y Noroeste; los vientos provenientes del Norte y Noreste que son los de mucho menor intensidad y cantidad con vientos de 0 a 5m/s. Ver gráfica 10.
- Finalmente hay que mencionar que, aunque no es parte del estudio oceanográfico, se debe tomar en consideración el tema meteorológico y cantidad de lluvia por temporada, estadísticamente en promedio para esta área caen unos 450mm anuales en temporada seca, sin embargo, en temporada lluviosa se incrementa hasta 2600mm anuales, además de ser muy marcado el aumento de precipitación en la costa norte del país.

## 9. FUENTE DE DATA OCEANOGRÁFICA

Toda la data histórica de los cinco parámetros oceanográficos se obtuvo de la Base de Datos de **METOCEANVIEW.com**, esta aplicación es una herramienta meteorológica de alta resolución basada en la web para la gestión de operaciones marítimas.

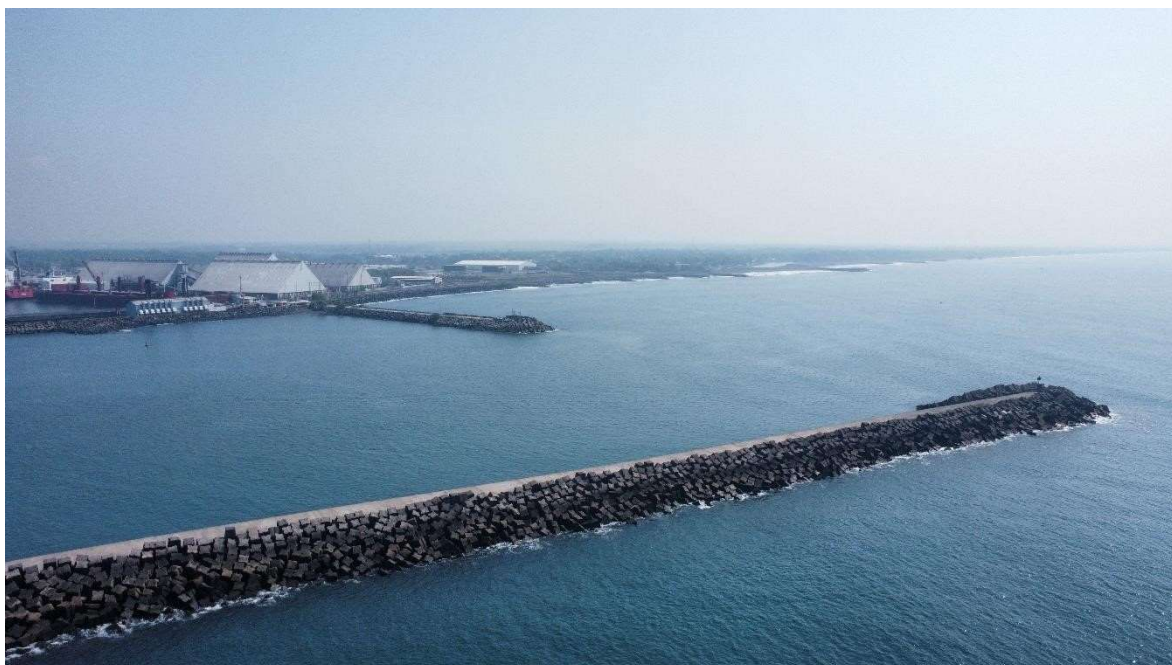
Una sólida plataforma para acceder a, monitorear y manejar información meteorológica, en un dominio de alta resolución para operaciones.

Los modelos de pronóstico oceanográficos y atmosféricos de última tecnología diseñados por MetOcean Solutions suministran información detallada y fiable para cualquier lugar. Herramientas innovadoras para asistir a operadores portuarios, prácticos, capitanes de remolcadores y gerentes de empresas marítimas en la toma de decisiones informadas en el mar o en el puerto.



INFORME A, CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS.  
JUNIO 2023

**ESTUDIO GENERAL DE CONDICIONES HIDROGRÁFICAS Y  
OCEANOGRÁFICAS PARA EL CALCULO DISEÑO DEL SISTEMA DE  
FONDEO O ATRAQUE DEL BUQUE DISEÑO PARA LA TERMINAL DE  
PUERTO QUETZAL, GUATEMALA.**



Elaborado por:

Ing. Adalberto Alguero

Idoneidad Profesional: 2009-006-098 - Ingeniero Civil

Hidrografo Certificado Categoría “B” - Entidad OHI

Ing. Nathaly Vargas

Idoneidad Profesional: 2020—179-011 - Ingeniera Marítima – Portuaria

Fecha: mayo 2023

## CONTENIDO

<b>1. ESTUDIOS DE CAMPO</b> .....	<b>5</b>
1.1 CÁLCULOS Y EVALUACIONES: .....	5
<b>2. ESTUDIO BATIMÉTRICO EN EL ÁREA ASIGNADA</b> .....	<b>6</b>
2.1 PERSONAL TÉCNICO: .....	6
2.2 DATOS TÉCNICOS: .....	6
2.3 EQUIPOS PARA UTILIZAR: .....	6
2.4 NORMAS DE CALIDAD: .....	7
<b>3. DESARROLLO DEL LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO:</b> .....	<b>8</b>
3.1 LEVANTAMIENTO Y TRABAJO EN CAMPO: .....	9
3.2 COLECCIÓN DE DATOS CRUDOS .....	10
<b>4. RESULTADOS Y DATOS FINALES DE LA BATIMETRÍA</b> .....	<b>16</b>
<b>5. ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE DATOS OCEANOGRÁFICOS HISTÓRICOS PARA PROYECTO DE DISEÑO DE DARSENA, FONDEO Y ATRAQUE, PUERTO QUETZAL, GUATEMALA.</b> .....	<b>16</b>
<b>6. METODOLOGIA</b> .....	<b>17</b>
<b>7. BASE DE DATOS, TABLAS Y GRAFICOS RESULTANTES</b> .....	<b>22</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	<b>32</b>
<b>9. FUENTE DE DATA OCEANOGRÁFICA</b> .....	<b>35</b>



## ILUSTRACIONES

IMAGEN N°1. TABLA 1 ESTÁNDAR MÍNIMO PARA LEVANTAMIENTO HIDROGRÁFICOS .....	8
IMAGEN N°2. TRAZO DE LÍNEAS DE NAVEGACIÓN .....	9
IMAGEN N°3. EJEMPLO DE INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS EN LA EMBARCACIÓN.....	10
IMAGEN N° 4 DEL SOFTWARE CON LAS LÍNEAS CRUDAS LEVANTADAS.....	11
IMAGEN N°5. REFERENCIA DE LAS TABLAS DE MAREAS .....	12
IMAGEN N°6. ARCHIVO DE NIVELES DE MAREA PARA CORRECCIÓN APLICADO EN EL SOFTWARE .....	12
IMAGEN N°7. INCLUSIÓN DE LOS VALORES DE NIVELES DE LA MAREA.....	13
IMAGEN N°8. APLICACIÓN DEL VALOR DEL CALADO .....	13
IMAGEN N°9. VERIFICACIÓN DE DATUM, SISTEMAS Y OTROS .....	14
IMAGEN N°10. DATA FINAL PROCESADA MATRIZ DE DATOS DE 10M X 10M .....	15
IMAGEN N°11. BOYA DE COLOR AMARILLA .....	15
IMAGEN N°12. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO .....	18
IMAGEN N°13. GRILLA DE DATOS DISPONIBLE .....	19
IMAGEN N°14. SELECCIÓN DEL MODELO.....	20

## TABLAS Y GRÁFICOS

TABLA NO.1. ALTURA DE OLAS VS DIRECCIÓN PROMEDIO DE OLAS .....	22
TABLA NO.2. ALTURA DE OLAS VS PERIODO DE LA OLA .....	22
TABLA NO. 3. DIRECCIÓN PROMEDIO DE OLA VS PERIODO DE OLA .....	23
TABLA NO. 4. VELOCIDAD DEL VIENTO VS DIRECCIÓN DEL VIENTO .....	23
TABLA NO. 5. ALTURA DE OLAS VS DIRECCIÓN PROMEDIO DE OLAS.....	26
TABLA NO 6. ALTURA DE OLAS VS PERIODO DE LA OLA .....	26
TABLA NO. 7. DIRECCIÓN PROMEDIO DE OLA VS PERIODO DE OLA .....	27
TABLA NO. 8. VELOCIDAD DEL VIENTO VS DIRECCIÓN DEL VIENTO .....	27
GRÁFICA NO. 1. TABULACIÓN MENSUAL DE TEMPERATURA PROMEDIO Y PRECIPITACIÓN.....	21
GRÁFICO NO. 2. PERIODOS DE OLAS MENSUAL (PERIODO SECO).....	24
GRÁFICO NO. 3. VELOCIDAD DEL VIENTO MENSUAL (PERIODO SECO) .....	24
GRÁFICO NO. 4. ROSA DE ALTURA DE OLA Y MAR DE FONDO (PERIODO SECO).....	25
GRÁFICO NO. 5. ROSA DE VELOCIDAD DEL VIENTO (PERIODO SECO) .....	26
GRÁFICO NO. 6. ALTURA DE OLAS MENSUAL (PERIODO LLUVIOSO).....	28
GRÁFICO NO. 7. PERIODOS DE OLAS MENSUALES (PERIODO LLUVIOSO) .....	28
GRÁFICO NO. 8. VELOCIDAD DEL VIENTO MENSUAL (PERIODO LLUVIOSO).....	28
GRÁFICO NO. 9. ROSA DE ALTURA DE OLA Y MAR DE FONDO (PERIODO LLUVIOSO) .....	29
GRÁFICO NO. 10. ROSA DE VELOCIDAD DEL VIENTO (PERIODO LLUVIOSO).....	30

## 1. ESTUDIOS DE CAMPO

Levantamientos batimétricos y/o estudios de oceanografía básica para obtención de parámetros necesarios para el diseño de fondeo en las instalaciones de Empresa Portuaria Quetzal, Puerto San José, Escuintla, Guatemala.

### 1.1 *Cálculos y evaluaciones:*

- Características del buque diseño, o cálculo de dársena y maniobra del buque diseño dentro del área asignada o porcentaje de movimientos transversales del buque de pequeña velocidad con profundidad limitada.
- Momento de inercia del buque para determinar su radio de giro o área longitudinal sumergida del buque sometida a la acción de la corriente o área transversal sumergida del buque que es sometida a la acción de la corriente.
- Desplazamiento del buque o sobre calado por distribución de cargas para buque de diseño o altura media de la superficie de la estructura del buque, sobre un plano transversal.
- Altura media de la superficie del buque sobre un plano longitudinal o resguardo para seguridad y control de maniobrabilidad del buque o resguardo vertical libre que deberá quedar siempre entre el casco del buque y el fondo.
- Margen de seguridad o número de Froude para dársena, maniobra de atraque y acceso al muelle
- Dimensionamiento de zona de maniobra de reviró (dársena) o diseño de dársena
- Área de dársena y dársena de ciaboga
- Diseño del canal de acceso
- Desplazamiento del buque en metros cúbicos
- Cálculos del factor de timón
- Anchura nominal de la vía de navegación
- Cálculo del trincado dinámico
- Squart
- Longitud del canal de acceso

- Ancho del canal
- Balizamiento en canal de acceso
- Longitud de transición para buques
- Maniobrabilidad de atraque
- Atraque lateral
- Calado de atraque
- Longitud total de la línea de atraque
- Ancho de área de atraque
- Embarque y desembarque de mercancía de granel sólido y líquido u operaciones del buque
- Efectos hidrodinámicos inducidos por los buques en tránsito

## 2. ESTUDIO BATIMÉTRICO EN EL ÁREA ASIGNADA

### 2.1 *Personal técnico:*

- Adalberto Alguero – Hidrógrafo certificado Categoría “B” (PE-8-373)

### 2.2 *Datos técnicos:*

- Configuración de batimetría: monohaz con transductor de alta frecuencia (210KHz).
- Referencias Verticales: MLWS (mean low wáter spring) amarrado al según tabla de marea de referencia de Puerto San José.
- Referencias Horizontales: WGS84, zona 15 Norte.
- Formato de data: x,y,z formato de texto (este, norte, profundidad).
- Parámetro de calidad: según Normas S-44 (normas internacionales hidrográficas).

### 2.3 *Equipos para utilizar:*

- Ecosonda monohaz digital Syquest Hydrobox
- Transductor de alta frecuencia alta 210KHz.
- DGPS South Galaxy 3 con corrección diferencial.
- Software hidrográfico HyPack 2015. (licencia vigente).
- Lancha hidrográfica (eslora de 23pies) Nombre: BASH
- Plato de calibración de velocidad del sonido, marcas cada 2 metros.

#### **2.4 Normas de calidad:**

En cuanto a control de calidad, nos basamos en las normas internacionales S-44, regidas por la Organización Hidrográfica Internacional (OHI) y la Oficina Naval de Los Estados Unidos de América, y que describe así la norma:

“Orden 1a: Este orden se destina para aquellas áreas donde el mar es suficientemente poco profundo como para permitir que rasgos naturales o artificiales en el fondo marino constituyan una preocupación para el tráfico marítimo esperado que transite el área, pero donde la separación quilla - fondo es menos crítica que para el orden Especial. Donde puedan existir rasgos artificiales o naturales que sean de preocupación para la navegación, se requiere una búsqueda completa del fondo marino, no obstante, el tamaño de la *característica* a ser detectadas es más grande que para las de Orden Especial. En donde la separación quilla – fondo llega a ser menos crítica a medida que la profundidad aumenta, el tamaño de la característica a ser detectada por la búsqueda completa del fondo marino también es incrementada a partir de aquellas áreas donde la profundidad es mayor que 40 metros. Los levantamientos de Orden 1a pueden ser limitados para aguas más bajas que 100 metros”.

NORMAS DE LA OHI PARA LOS LEVANTAMIENTOS HIDROGRÁFICOS (S-44)  
5ta Edición, Febrero 2008

**TABLA 1**  
**Estándar Mínimo para Levantamientos Hidrográficos**  
**(Para ser leído en conjunto con el texto completo de este documento)**

Referencia	Orden	Especial	1a	1b	2
Clasificación del Levantamiento	Descripción de áreas	Áreas donde la separación quilla-fondo es crítica	Áreas de profundidades menores de 100 metros donde la separación quilla-fondo es menos crítica, pero podrían existir rasgos de interés para la navegación.	Áreas de profundidades menores de 100 metros donde la separación quilla-fondo no se considera de interés para el tipo de buque que se espera transite por el área	Áreas generalmente más profundas a 100 metros donde se considera adecuada una descripción general del fondo marino.
Posicionamiento	Máximo THU permitido 95% <u>Nivel de confianza</u>	2 metros	5 metros + 5% de profundidad	5 metros + 5% de profundidad	20 metros + 10% de profundidad
Incertidumbre Vertical	Máximo TVU permitido 95% <u>Nivel de confianza</u>	a= 0.25 metros b= 0.0075	a= 0.5 metros b= 0.013	a= 0.5 metros b= 0.013	a= 1.0 metros b= 0.023
Conocimiento del fondo marino	<u>Búsqueda Completa del Fondo Marino</u>	Requerido	Requerido	No requerido	No requerido
Medida de Profundidad	<u>Detección de rasgos</u>	Rasgos cúbicos > 1 metro	Rasgos cúbicos > 2 metros en profundidades hasta 40 metros; 10 % de la profundidad cuando ésta es mayor a 40 metros	No aplicable	No aplicable
Densidad de Sondas	Máximo espaciamento recomendado entre líneas principales	No definido ya que se requiere una <u>búsqueda completa de fondo marino</u> .	No definido	5 x profundidad promedio o 25 metros, cualquiera que sea mayor, para LIDAR batimétrico espaciamento entre puntos de 5 x 5 metros	4 x profundidad promedio

Imagen N°1. Tabla 1 Estándar Mínimo para levantamiento Hidrográficos

### 3. DESARROLLO DEL LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO:

**Configuración Geodésica:** En el software hidrográfico HyPack se debe configurar los parámetros geodésicos con que se trabajará nuestro proyecto, además los equipos están configurados en WGS-84, Zona 16.

**Configuración de navegación:** se planean las líneas de sondeo, para este trabajo la norma indica que por ser área de atraque y de navegación entonces el sondeo será de tipo Orden 1-A; cuyo espaciamento será de 50m para líneas de levantamiento perpendiculares a la costa, además de líneas de comprobación con 100m de separación.

Por lo que preparamos el área con la referencia base, líneas de levantamiento y líneas de comprobación, a continuación, se presenta la imagen del software con la distribución de las líneas:

- 35 líneas de levantamiento separadas de 50m dirección de largo Norte-Sur
- 5 líneas de comprobación separadas 50m dirección 400m de largo Este-Oeste

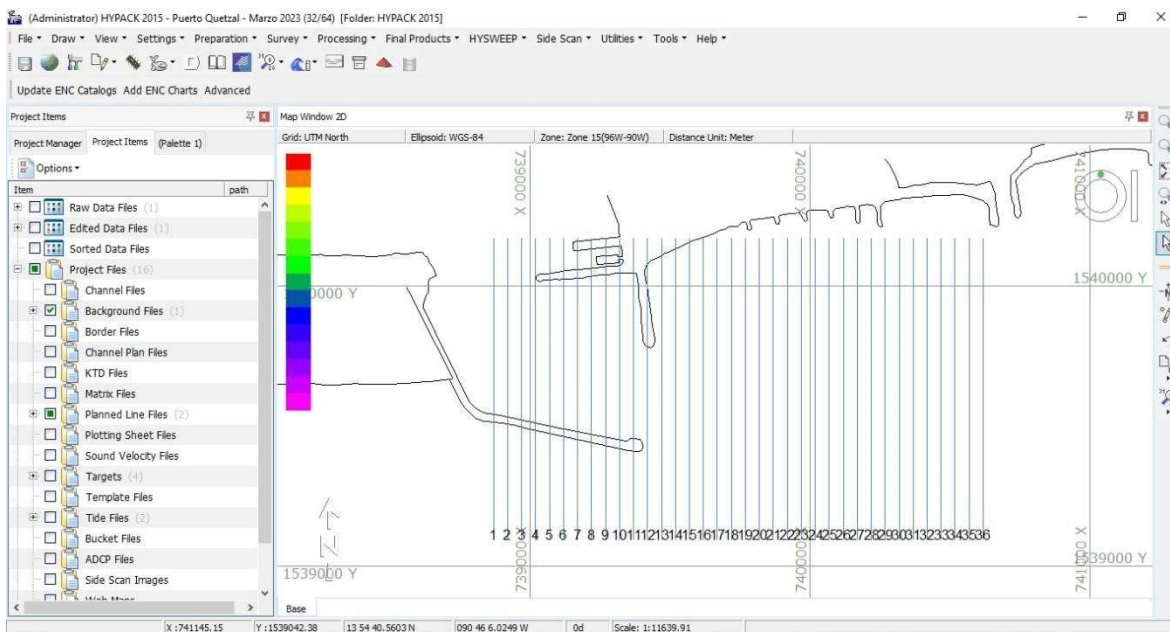


Imagen N°2. Trazo de líneas de navegación

### 3.1 Levantamiento y trabajo en campo:

- Traslado de la lancha hidrográfica al área del proyecto, se dispondrá de una lancha de pesca que será adaptada para este trabajo y saldrá del canal de Puerto San José.
- Verificación de coordenadas de GPS con respecto al punto de amarre.

Instalación de equipos en la embarcación hidrográfica, se debe tener en cuenta que la instalación de cables se hará de forma tal que evite accidentes o desconexiones involuntarias por el paso de las personas dentro de la lancha y ya cuando nos encontramos en el área de trabajo.

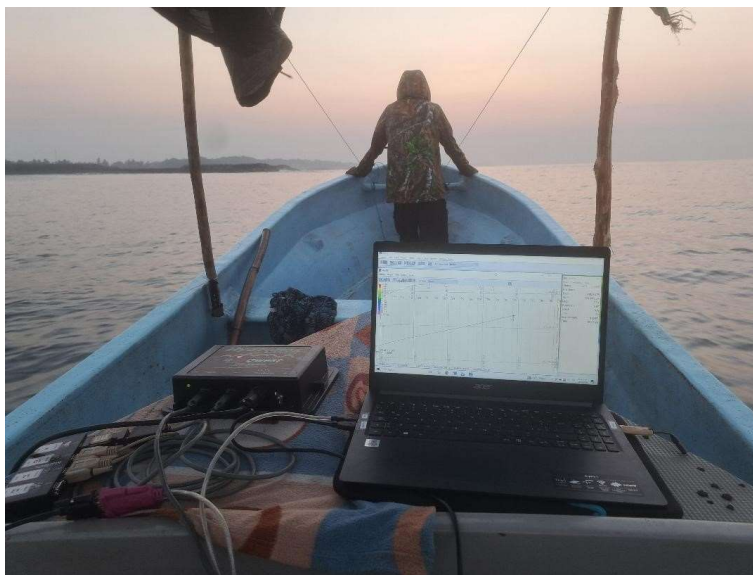


Imagen N°3. ejemplo de Instalación de los equipos en la embarcación

Luego de instalados los equipos en la embarcación hidrográfica, procedemos con la calibración de los equipos, se utilizará un plato de calibración graduado cada 2m para la medición de los parámetros de: calado y velocidad del sonido.

Este plato de calibración se ubica debajo del transductor y se observan las lecturas obtenidas y se aumenta o disminuye la velocidad del sonido para obtener mejores resultados.

Por tratarse de masas de agua salada, la calibración inició con una velocidad de sonido de 1535m/seg y de allí se variaría hasta obtener el valor que hace que los datos de la profundidad se los correctos y exactos. Al momento de la medición se obtuvieron datos confiables en las lecturas, por lo que se trabajó con dicha velocidad del sonido de 1535m/seg.

### ***3.2 Colección de datos crudos***

En el proceso de colección de datos, se da seguimiento a las líneas de levantamiento iniciando con las líneas transversales a la línea de costa, esto para obtener mejor resolución de los taludes, ya que en una simple inspección notamos los cambios drásticos de pendientes y profundidades.





Este es una muestra de cómo quedaron grabados los datos crudos en la pantalla de levantamiento del HyPack luego de la colección de datos en el área interna (área de poca profundidad).

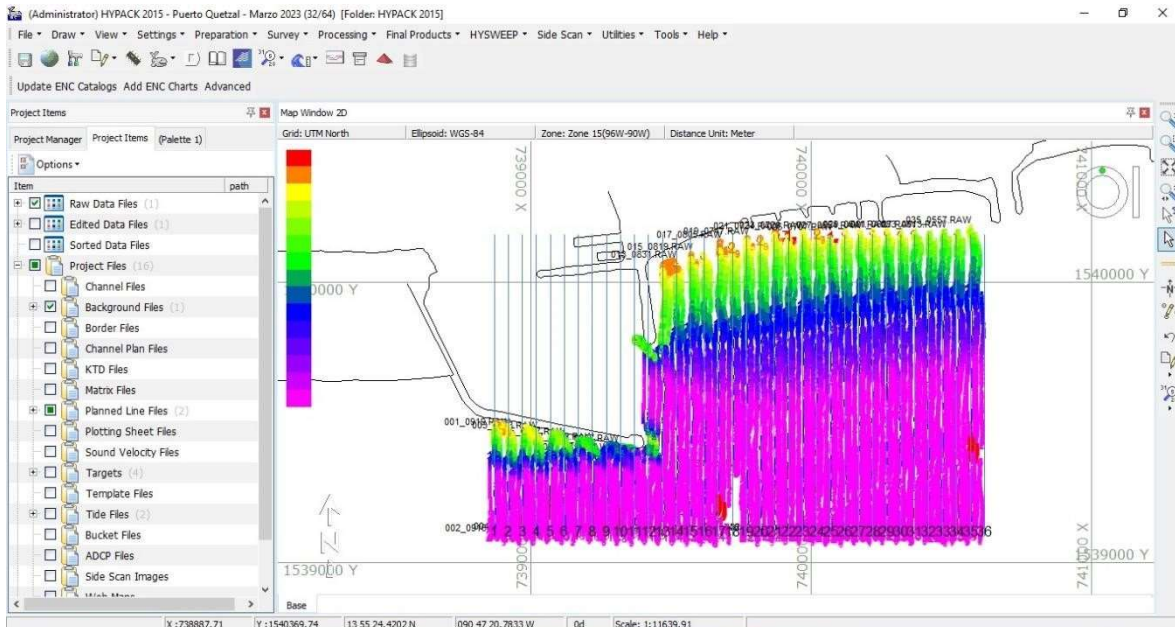
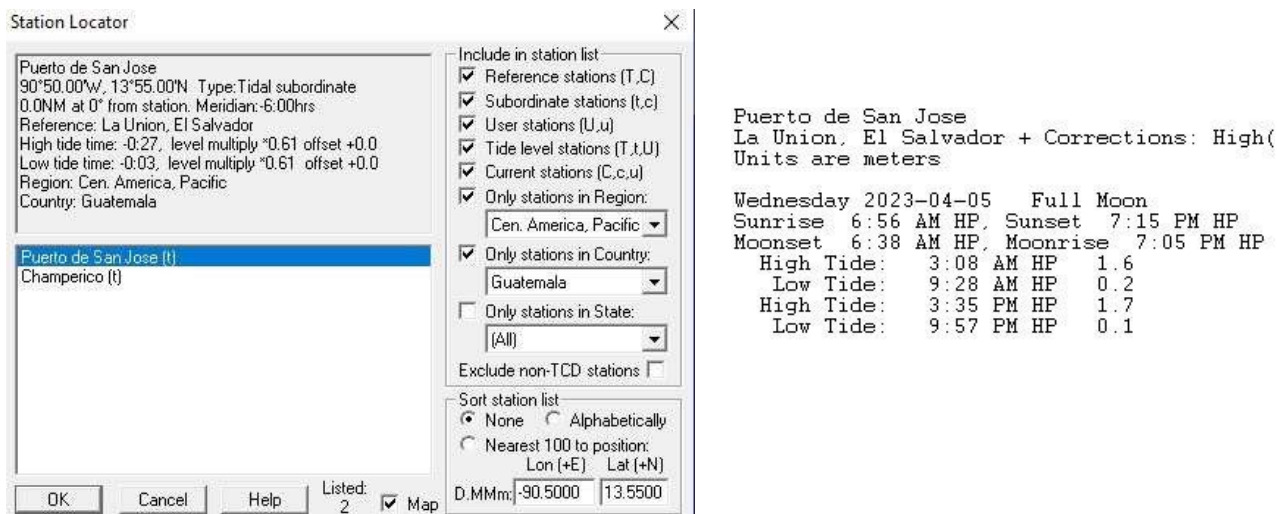


Imagen N°.4 del software con las líneas crudas levantadas

Una vez levantadas todas las líneas programadas, se procede con la desinstalación de los equipos y guardados de los mismos:

Para el procesamiento de data colectada conlleva los siguientes pasos:

- Post procesamiento de la data colectada, selección de archivos crudos levantados. Inclusión de los datos de mareas para la corrección, estos datos de los niveles del agua superficial se obtuvieron pos-levantamiento de la fuente WxTide32, con referencia a un mareógrafo ubicado en Puerto San José.



**Station Locator**

Puerto de San Jose  
90°50.00'W, 13°55.00'N Type:Tidal subordinate  
0.0NM at 0° from station. Meridian:-6:00hrs  
Reference: La Union, El Salvador  
High tide time: -0:27, level multiply \*0.61 offset +0.0  
Low tide time: -0:03, level multiply \*0.61 offset +0.0  
Region: Cen. America, Pacific  
Country: Guatemala

Puerto de San Jose (t)  
Champerico (t)

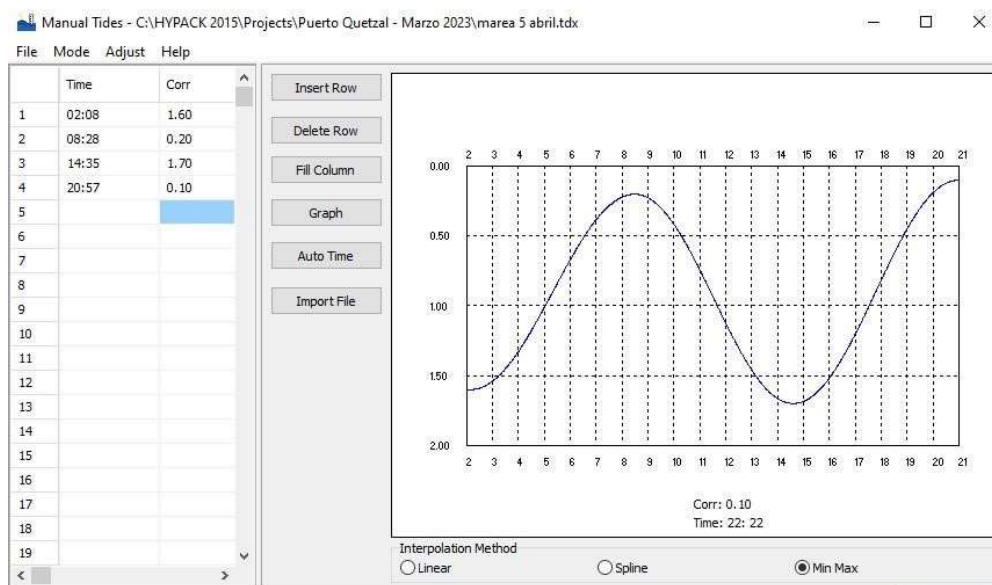
Include in station list:  
 Reference stations (T,C)  
 Subordinate stations (t,c)  
 User stations (U,u)  
 Tide level stations (T,t,U)  
 Current stations (C,c,u)  
 Only stations in Region:  
 Cen. America, Pacific  
 Only stations in Country:  
 Guatemala  
 Only stations in State:  
 (All)  
 Exclude non-TCD stations

Sort station list:  
 None  Alphabetically  
 Nearest 100 to position:  
 Lon (+E) Lat (+N)  
 D.MMm: -90.5000 | 13.5500

Puerto de San Jose  
La Union, El Salvador + Corrections: High(  
Units are meters

Wednesday 2023-04-05 Full Moon  
 Sunrise 6:56 AM HP, Sunset 7:15 PM HP  
 Moonset 6:38 AM HP, Moonrise 7:05 PM HP  
 High Tide: 3:08 AM HP 1.6  
 Low Tide: 9:28 AM HP 0.2  
 High Tide: 3:35 PM HP 1.7  
 Low Tide: 9:57 PM HP 0.1

Imagen N°5. Referencia de las tablas de mareas



Manual Tides - C:\HYPACK 2015\Projects\Puerto Quetzal - Marzo 2023\marea 5 abril.tdx

File Mode Adjust Help

	Time	Corr
1	02:08	1.60
2	08:28	0.20
3	14:35	1.70
4	20:57	0.10
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		

Insert Row  
Delete Row  
Fill Column  
Graph  
Auto Time  
Import File

Graph showing tide levels over time (Time: 22:22, Corr: 0.10).  
 Interpolation Method:  Linear  Spline  Min Max

Imagen N°6. Archivo de niveles de marea para corrección aplicado en el software

- Aplicación de correcciones: niveles de agua superficial (mareas) y calado

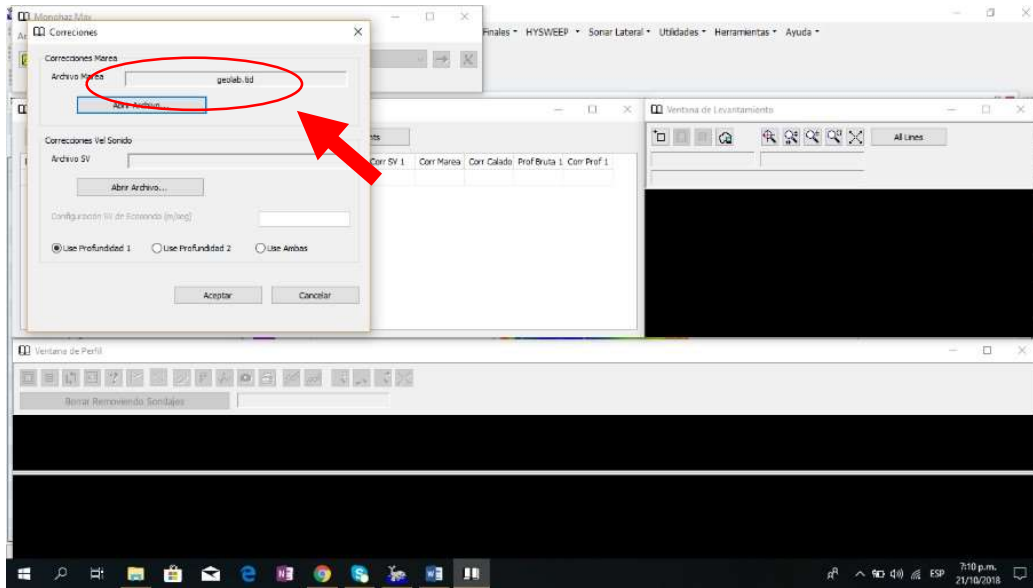


Imagen N°7. inclusión de los valores de niveles de la marea

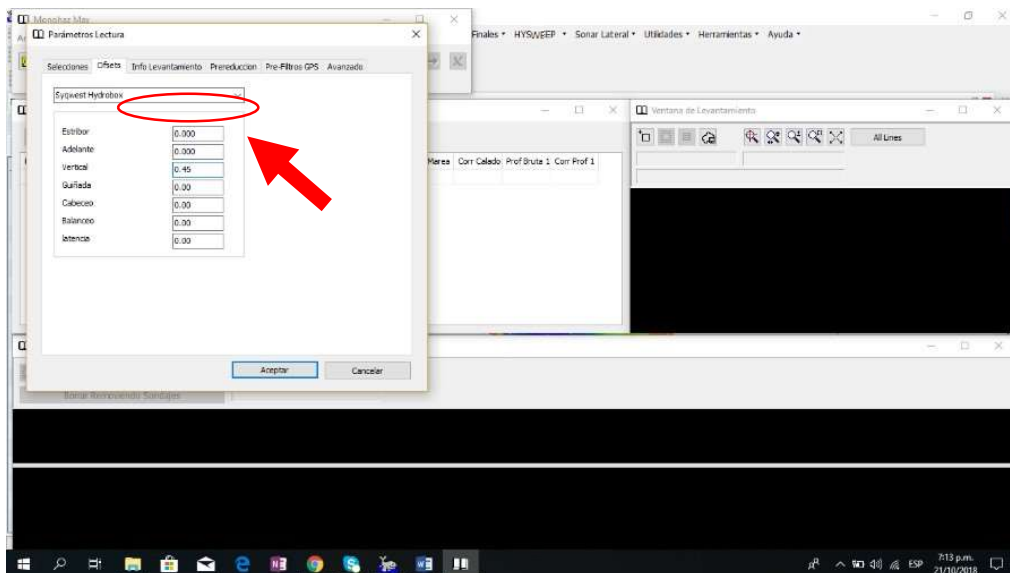


Imagen N°8. Aplicación del valor del calado

- Lectura y aplicación de correcciones a datos crudos para procesamiento

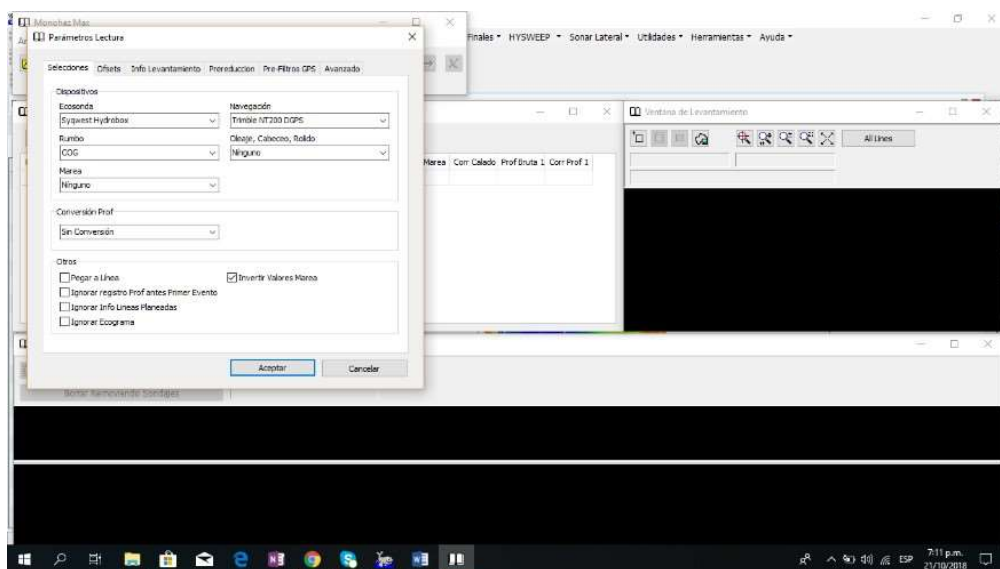


Imagen N°9. Verificación de datum, sistemas y otros

- a. Se verifican línea a línea la data colectada y se eliminan datos falsos y ecos encontrados y se genera una selección de datos a 1m de separación.
- b. Elección de una matriz de selección de datos para que el software clasifique los datos de sondeos críticos que serán parte de la matriz de datos finales.
- c. Selección de datos finales, cada caso requiere una separación de sondajes diferentes, lo que hace variar la escala y la selección de la matriz de sondaje, todo esto para que el plano impreso tendremos un sondeo cada 1.5cm, cumpliendo con la norma S-44 sobre procesamiento de datos hidrográficos y representaciones gráficas.

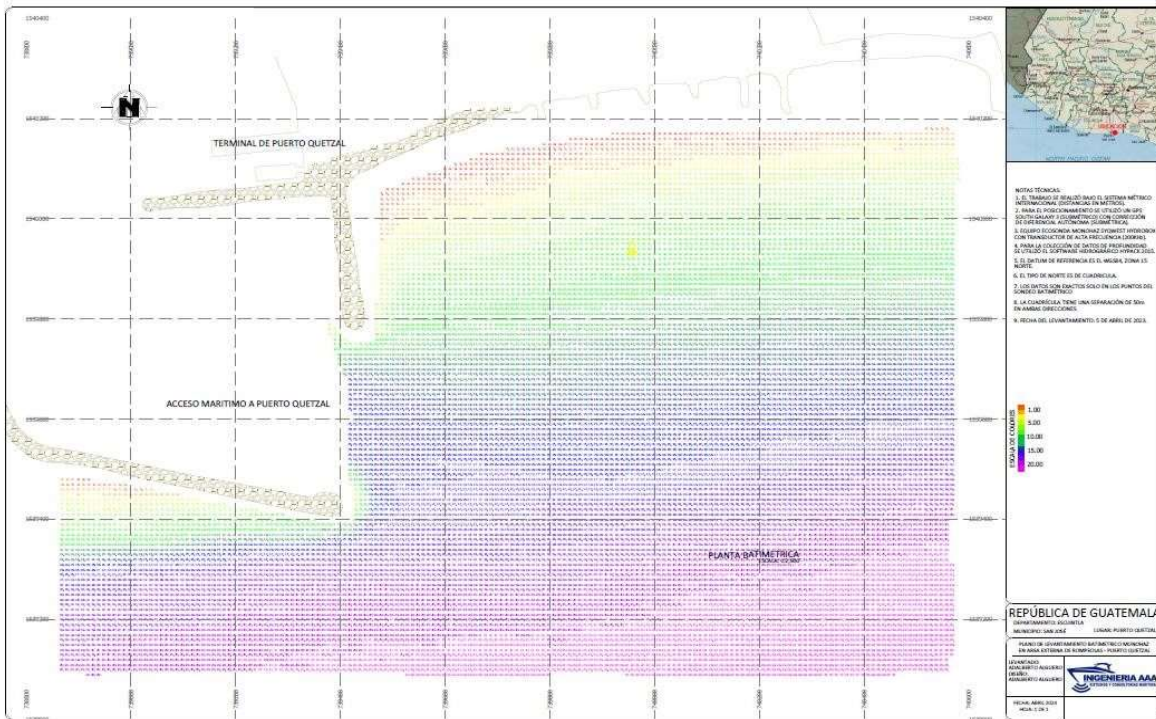


Imagen N°10. data final procesada matriz de datos de 10m x 10m

- Se ubicó una boya color amarilla dentro del área del levantamiento con coordenadas N1539937, E 739958, la misma se utilizó como método de comprobación para verificación de datos.



Imagen N°11. Boya de color amarilla

#### 4. RESULTADOS Y DATOS FINALES DE LA BATIMETRÍA

Toda la información final procesada se entregará en forma digital (CD) en formatos AutoCAD y PDF, archivo x,y,z con la data colectada; además de planos impresos a escalas adecuadas con Datum WGS84 en el sistema UTM (Universal Transversal Mercator).

Todo el proyecto se entregará en forma digital (USB) y en formato impreso, sellado y firmado por profesional responsable, se entregarán los siguientes archivos:

- Plano batimétrico en formato AutoCAD
- Plano batimétrico en formato PDF
- Informe de trabajo en formato PDF
- Data batimétrica procesada en matriz de 2x2

#### 5. ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE DATOS OCEANOGRÁFICOS HISTÓRICOS PARA PROYECTO DE DISEÑO DE DARSENA, FONDEO Y ATRAQUE, PUERTO QUETZAL, GUATEMALA.

**Puerto Quetzal** es un puerto que se encuentra ubicado en el municipio de San José, Escuintla en Guatemala, sobre el litoral Pacífico (Latitud 13° 55' N; Longitud 90° 47' W); a 98 km de la capital del país. El puerto es estatal administrado por la Empresa Portuaria Quetzal y desde sus inicios en 1983 utiliza un sistema mixto al autorizar a particulares la prestación de ciertos servicios al buque y la carga con tarifas fijadas por la Empresa y aprobadas por Acuerdo de Gobierno.

1. El muelle principal es del tipo marginal y los buques que atiende son: granel sólido, portacontenedores, tanque, gasero, barcaza, frigoríficos, carga general, roll on-roll off, cruceros y buques de carga distintos a los anteriores.

El acceso a las vías marítimas es a través de un canal de acceso de 210 metros de ancho entre morros de los rompeolas oeste y este. A la entrada de la dársena de maniobras, en la zona del codo del rompeolas oeste, tiene un ancho de 340 metros. Asimismo, este canal cuenta con una curvatura de 1,000 metros para permitir un

acceso sin borneos. Su orientación es hacia el sureste para poder afrontar el oleaje de fuerza apreciable con azimut  $150^{\circ}$ .

2. Condiciones climatológicas: El clima se denomina cálido tropical, en donde existen diferentes épocas donde las lluvias suelen ser devastadoras, hasta llegar al punto de inundar completamente San José; así como ocurrió en el mes de noviembre de 2022. Puede alcanzar una temperatura de hasta  $29.4^{\circ}\text{C}$ . La zona de vida según Holdridge es un bosque húmedo subtropical cálido. Guatemala geográficamente se encuentra en una zona bastante privilegiada debido al clima y por éste a las especies que dependen de él, es por lo que en el mar suelen encontrarse grandes cantidades de organismos. Aún en la dársena que es una zona con bastante influencia por actividades industriales es un lugar en el cual se encuentran diversas formas de vida; a pesar de que el fondo es lodoso y que normalmente posee movimiento por los motores de las embarcaciones, cuenta con vida marítima. Existe una zona de confluencia de los vientos alisios de ambos hemisferios (norte y sur) que afecta el clima de los lugares que caen bajo su influencia y que para nuestro país tiene particular importancia: la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la cual se mueve siguiendo el movimiento aparente del sol a través del año. Esta migración norte-sur de la ZCIT produce las dos estaciones (seca y lluviosa) características de la mayor parte de nuestro territorio.

Oficialmente según el Departamento de Hidro meteorología de INSIVUMEH, los periodos para las diferentes temporadas en nuestro país son:

- Temporada seca inicia 16 de diciembre al 15 de abril
- Temporada lluviosa inicia el 15 de abril al 16 de diciembre

## 6. METODOLOGIA

El método que utilizaremos para evaluar las preferencias y tendencias de los cinco parámetros oceanográficos básicos nos ayudará a conocer todos los valores de diseño al momento de calcular y levantar los diseños de un proyecto de construcción, por medio de tablas, gráficas y valores de los datos oceanográficos más importantes con data histórica colectada por boyas oceanográficas.

Estos cinco parámetros oceanográficos básicos son los siguientes:

- Altura de la ola significativa (m)
- Periodo de la ola significativa (s)
- Dirección de la corriente producida por oleajes (grados oceanográficos)
- Dirección del viento (grados oceanográficos)
- Magnitud del viento (m/s)

Primeramente, se utiliza un programa online de Retrospectiva Oceanográfica, cuyo objetivo es la compra de data histórica de un punto cercano a nuestro proyecto el cual será evaluado para todas las situaciones existentes posibles que puedan presentarse en nuestra área de estudio, para nuestro caso las coordenadas son: E739912, N1538959.

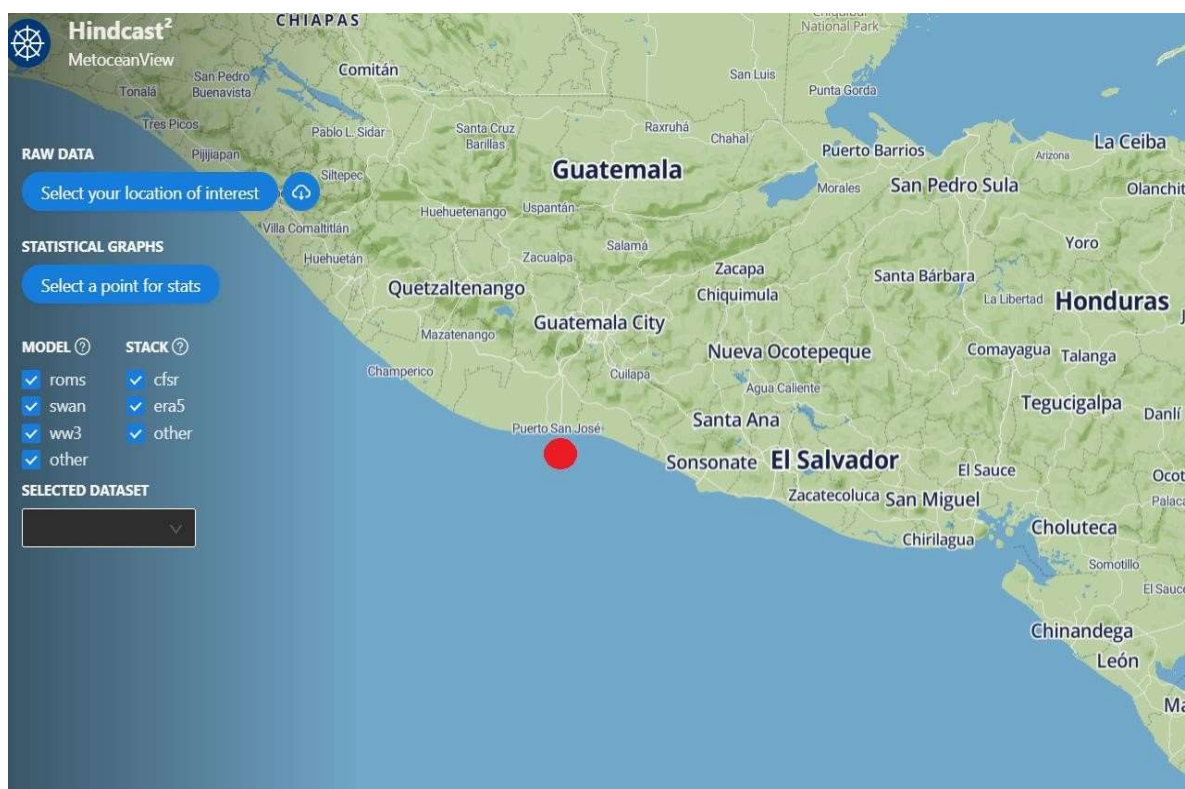


Imagen N°12. localización del área en estudio

Inmediatamente el software crea una grilla de donde mantenga datos oceanográficos del modelo WW3 Global ST4 para que seleccionar el punto más cercano a nuestra área de estudio, para nuestro caso las coordenadas de los datos más cercanos fueron: Latitud 13.888850° y Longitud 268.9381°





Imagen N°13. Grilla de datos disponible

En cuanto a los modelos y sus características, se debe tomar en cuenta que cuando se utiliza un modelo numérico para generar los datos WW3 (Weather Watch 3) generalmente se usa para crear datos de olas a nivel mundial o en grandes regiones. Mientras que SWAN (Simulating Waves Nearshore) es un modelo de propagación de oleaje espectral que simula la energía contenida en las ondas en su propagación desde superficies oceánicas hasta zonas costeras y generalmente se usa para producir datos de olas de alta resolución en áreas costeras pequeñas.

Para nuestra evaluación utilizaremos el modelo WW3 que es el modelo más básico y que genera automáticamente todas las gráficas requeridas para la evaluación general.

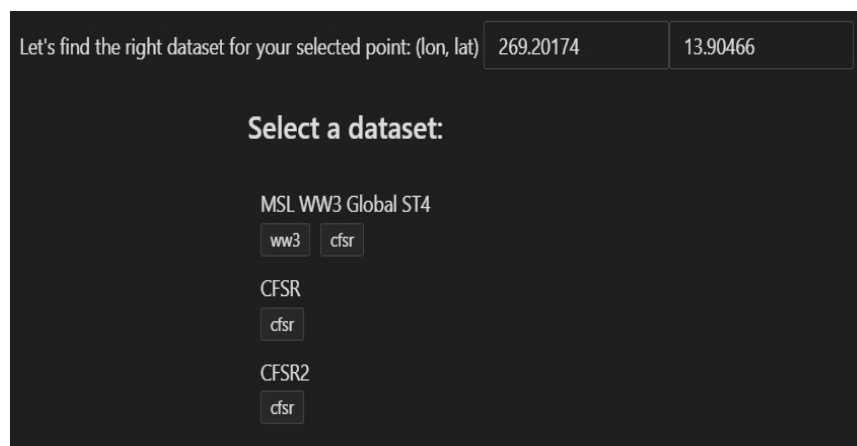


Imagen N°14. selección del modelo

Para nuestra coordenada de estudio, pudimos obtener las estadísticas para el conjunto de datos: MSL WW3 Global ST4 desde diciembre de 1978 hasta diciembre de 2020.

Debemos tener en cuenta, que, por nuestra posición geográfica, nos rige el clima tropical seco y húmedo, por lo que nos caracterizamos por tener dos estaciones muy marcadas, una muy lluviosa (que va de Junio a Diciembre) y otra muy seca (que va de Enero a Mayo). La época lluviosa tiene lugar cuando el sol está en el mismo hemisferio, muy alto en el horizonte (en verano), mientras que la época seca tiene lugar cuando el sol está bajo en el horizonte (en invierno).

Las lluvias dependen de la posición de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y de los vientos alisios, por lo que cuando existe un obstáculo ortográfico se dan aumento de las velocidades del viento.

Puerto San José tiene un clima tropical. Hay precipitaciones durante todo el año en dicha área. El clima aquí se clasifica como Af por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura media anual en Puerto San José se encuentra a 24.3 °C. Hay alrededor de precipitaciones de 2735 mm.

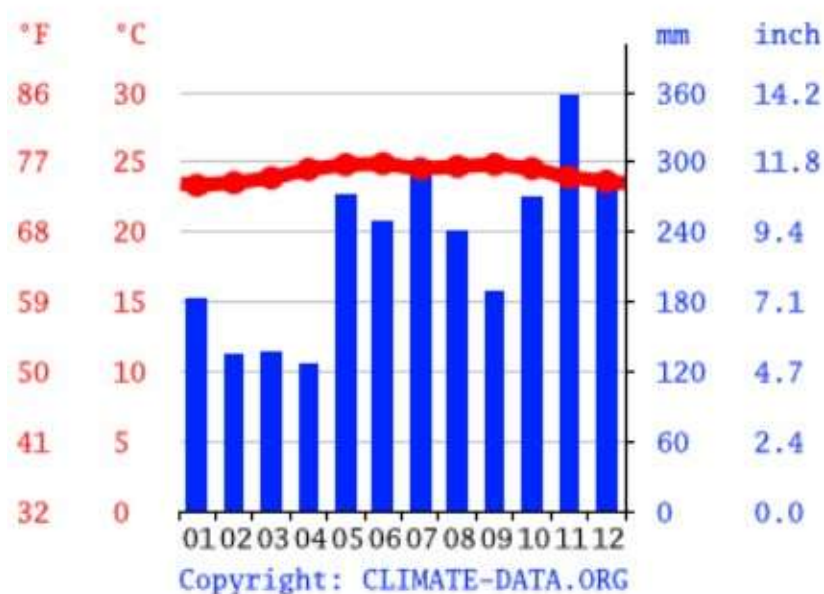
El mes con más lluvia es julio, con un promedio de 236 milímetros de lluvia. El mes con menos lluvia es marzo, con un promedio de 23 milímetros de lluvia.

En este clima la época seca no debe de durar más de cuatro a cinco meses. Las altas temperaturas hacen que durante la época seca la evapotranspiración sea muy importante,

de tal manera que se consume la reserva de agua, y si es muy larga llega a una profunda aridez, teniendo así que mayo representa el mes más seco del año.

Por esta razón hemos separado nuestro estudio en dos grandes grupos:

- Estación seca que va de enero a mayo
- Estación lluviosa que va de junio a diciembre



Gráfica No. 1. Tabulación mensual de temperatura promedio y precipitación



## 7. BASE DE DATOS, TABLAS Y GRAFICOS RESULTANTES

Para periodos de Enero a Mayo (estación seca). – Matrices que se generan de los datos.

significant height of wind and swell	wave mean direction							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0 - 0.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0.5 - 1	0%	0%	0%	0.1%	5.9%	2.4%	<0.1%	0%
1 - 1.5	<0.1%	<0.1%	0.2%	1.1%	37.6%	22.2%	0.5%	<0.1%
1.5 - 2	<0.1%	<0.1%	0.1%	0.2%	13%	12.5%	0.3%	<0.1%
2 - 2.5	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	1.3%	1.9%	<0.1%	<0.1%
2.5 - 3	0%	0%	0%	<0.1%	0.2%	0.2%	0%	0%
3 - 3.5	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
3.5 - 4	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%

Tabla No.1. Altura de olas vs Dirección Promedio de Olas

significant height of wind and swell	wave peak period <sup>8</sup>																			
	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	15 - 16	16 - 17	17 - 18	18 - 19	19 - 20
0 - 0.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0.5 - 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	1.1%	2.5%	2.2%	1%	0.5%	0.6%	<0.1%	0.2%	0.1%
1 - 1.5	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.3%	0.1%	0.2%	0.1%	0.9%	7.5%	17.9%	14.6%	7%	8.1%	1.5%	2.4%	0.9%
1.5 - 2	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.3%	2%	6.2%	5.4%	7.5%	2%	2%	0.7%
2 - 2.5	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.2%	0.5%	1.2%	0.6%	0.4%	0.2%
2.5 - 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0.1%	0.1%	<0.1%	<0.1%
3 - 3.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
3.5 - 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla No.2. Altura de olas vs Periodo de la ola

		wave mean direction							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
wave peak period <sup>s</sup>	0 - 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	1 - 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2 - 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	3 - 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	4 - 5	0%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%
	5 - 6	0%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%
	6 - 7	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	0%
	7 - 8	0%	<0.1%	<0.1%	0.3%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%
	8 - 9	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
	9 - 10	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	<0.1%
	10 - 11	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
	11 - 12	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	1.4%	0.3%	<0.1%	<0.1%
	12 - 13	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.3%	7.1%	2.7%	0.2%	<0.1%
	13 - 14	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.3%	14.3%	7.3%	0.2%	<0.1%
	14 - 15	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.2%	13.1%	8.6%	<0.1%	<0.1%
	15 - 16	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	7.1%	6.1%	<0.1%	<0.1%
	16 - 17	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	8.8%	8.5%	<0.1%	<0.1%
	17 - 18	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	2%	2.2%	<0.1%	0%

Tabla No. 3. Dirección promedio de ola vs periodo de ola

		wind_direction							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
wind_speed <sup>m/s</sup>	0 - 5	10.2%	11.2%	8.1%	5.7%	8.2%	7.9%	8.1%	11.1%
	5 - 10	0.6%	8.4%	2.9%	2.8%	6.7%	4.3%	2.5%	1.1%
	10 - 15	<0.1%	0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	<0.1%

Tabla No. 4. Velocidad del viento vs Dirección del viento

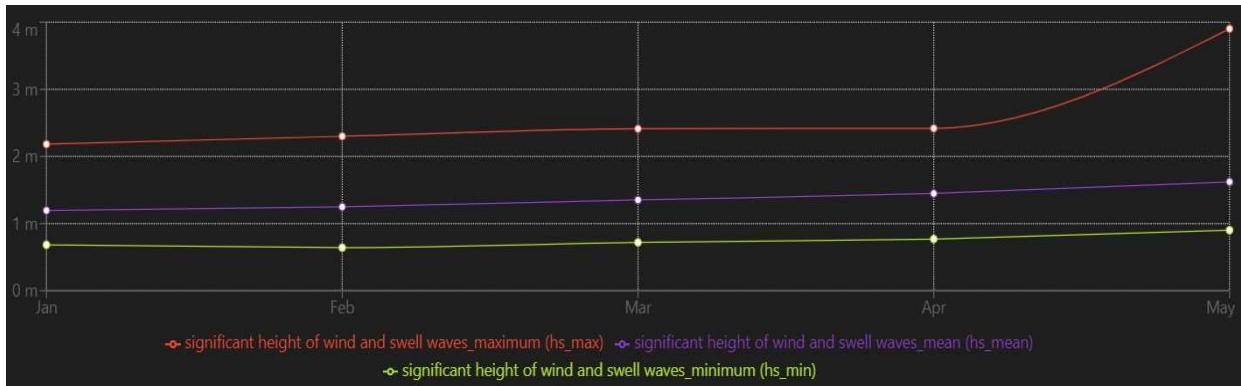


Gráfico No. 1. Altura de olas mensual (periodo seco)

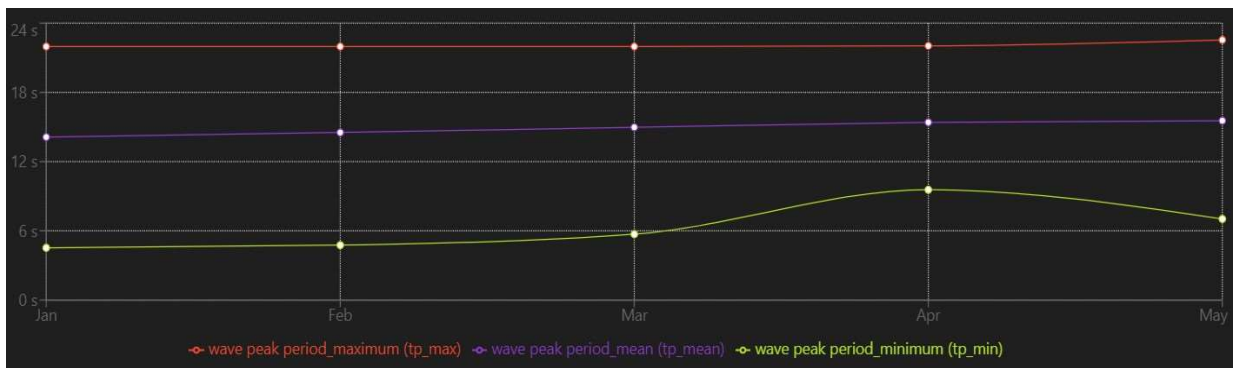


Gráfico No. 2. Periodos de olas mensual (periodo seco)

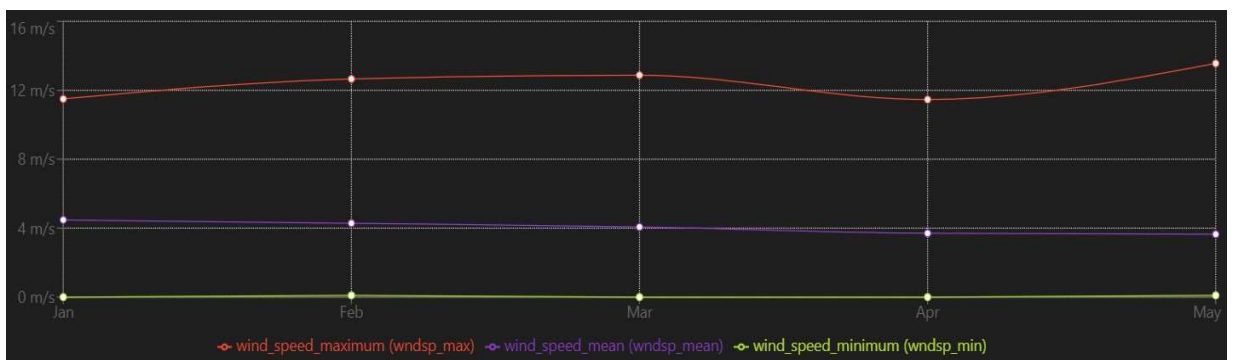


Gráfico No. 3. Velocidad del viento mensual (periodo seco)

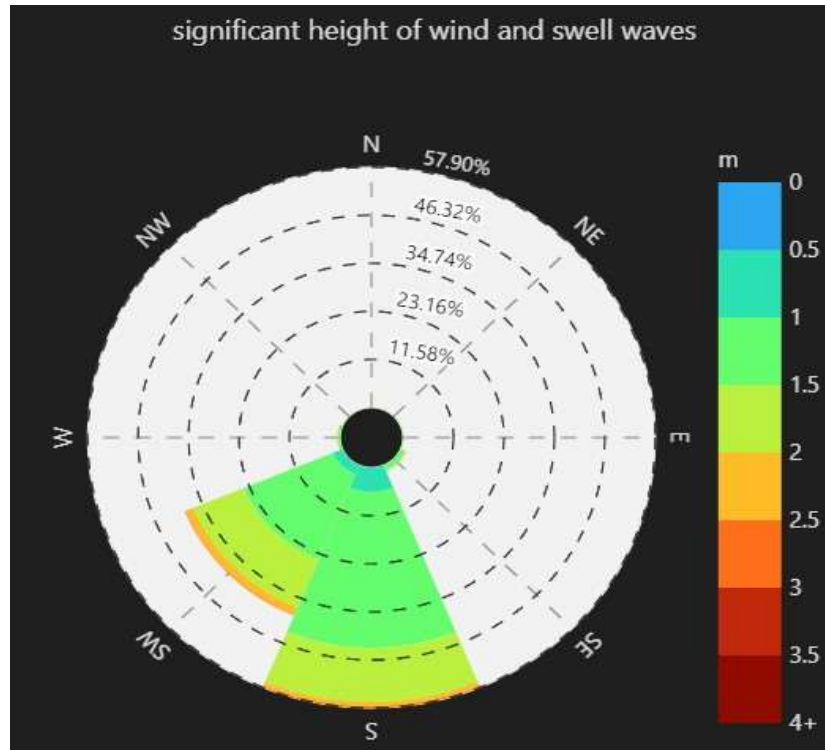


Gráfico No. 4. Rosa de altura de ola y mar de fondo (período seco)

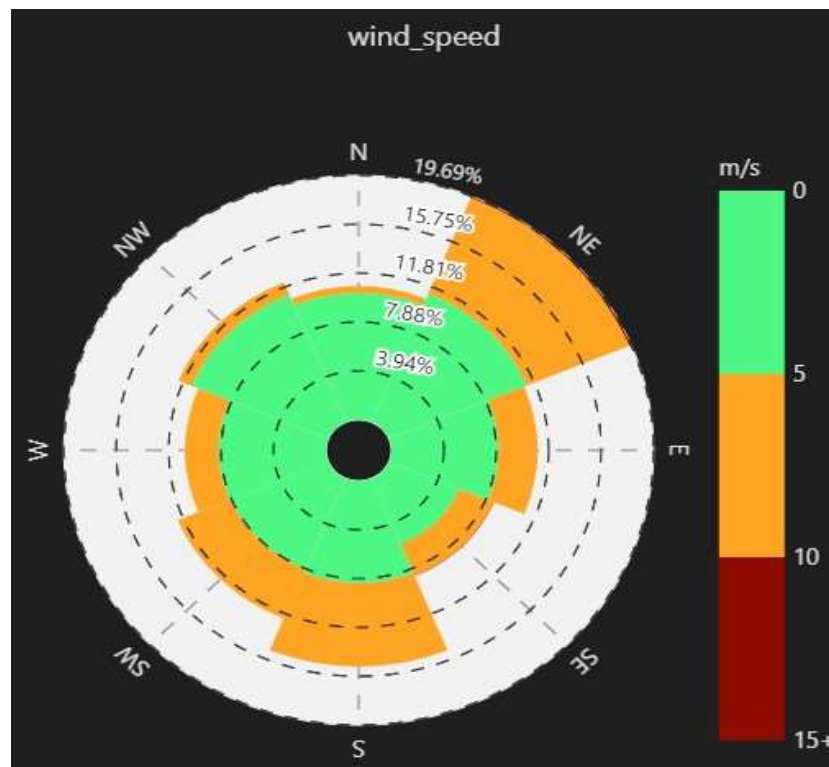




Gráfico No. 5. Rosa de velocidad del viento (periodo seco)

Para periodos entre Junio a Diciembre (estación lluviosa). – Matrices que se generan de los datos.

significant height of wind and swell waves <sup>m</sup>	wave mean direction °							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0 - 0.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0.5 - 1	0%	0%	<0.1%	<0.1%	2.6%	1.2%	<0.1%	0%
1 - 1.5	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.3%	27.9%	18.8%	0.2%	<0.1%
1.5 - 2	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	18.2%	20.4%	<0.1%	<0.1%
2 - 2.5	0%	0%	0%	<0.1%	3.2%	5.6%	<0.1%	0%
2.5 - 3	0%	0%	0%	<0.1%	0.4%	0.6%	0%	0%
3 - 3.5	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
3.5 - 4	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
4 - 4.5	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
4.5 - 5	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%
5 - 5.5	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%

Tabla No. 5. Altura de olas vs Dirección Promedio de Olas

significant height of wind and swell waves <sup>m</sup>	wave peak period <sup>s</sup>																			
	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	15 - 16	16 - 17	17 - 18	18 - 19	19 - 20
0 - 0.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0.5 - 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.5%	1.2%	1%	0.5%	0.2%	0.2%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
1 - 1.5	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.2%	0.2%	0.3%	0.5%	1.5%	6.5%	13.9%	10.3%	4.7%	5.7%	1.2%	1.7%	0.7%
1.5 - 2	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0.1%	0.3%	0.2%	0.1%	0.2%	1%	5.2%	9.6%	7.3%	8.8%	2.3%	2.3%	1.2%
2 - 2.5	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0.1%	0.2%	0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	0.3%	0.8%	1.4%	3%	1.2%	0.9%	0.5%
2.5 - 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	<0.1%
3 - 3.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
3.5 - 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	<0.1%	<0.1%	0%
4 - 4.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4.5 - 5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 - 5.5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla No 6. Altura de olas vs Periodo de la ola



		wave mean direction							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
wave peak period <sup>s</sup>	0 - 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	1 - 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2 - 3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	3 - 4	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	4 - 5	0%	0%	<0.1%	0%	0%	0%	0%	0%
	5 - 6	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%	0%
	6 - 7	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%	0%
	7 - 8	0%	0%	<0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0%	0%
	8 - 9	<0.1%	0%	<0.1%	<0.1%	0.4%	0.5%	<0.1%	0%
	9 - 10	<0.1%	<0.1%	0%	<0.1%	0.3%	0.3%	<0.1%	<0.1%
	10 - 11	0%	0%	<0.1%	<0.1%	0.5%	0.2%	<0.1%	<0.1%
	11 - 12	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	1.5%	0.6%	<0.1%	0%
	12 - 13	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	5.5%	3.1%	<0.1%	<0.1%
	13 - 14	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0.1%	12%	8.3%	<0.1%	<0.1%
	14 - 15	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	11.4%	9.8%	<0.1%	<0.1%
	15 - 16	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	6.6%	7%	<0.1%	<0.1%
	16 - 17	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	7.9%	10%	<0.1%	<0.1%
	17 - 18	0%	0%	0%	<0.1%	2.2%	2.7%	0%	0%

Tabla No. 7. Dirección promedio de ola vs periodo de ola

		wind direction							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
wind_speed m/s	0 - 5	9.2%	14.6%	10%	7.4%	8.4%	7.9%	8.1%	8%
	5 - 10	0.6%	6.4%	3.7%	3.6%	3.6%	4.1%	3%	1%
	10 - 15	0%	<0.1%	0.2%	0.2%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%
	15 - 20	0%	0%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	0%

Tabla No. 8. Velocidad del viento vs Dirección del viento

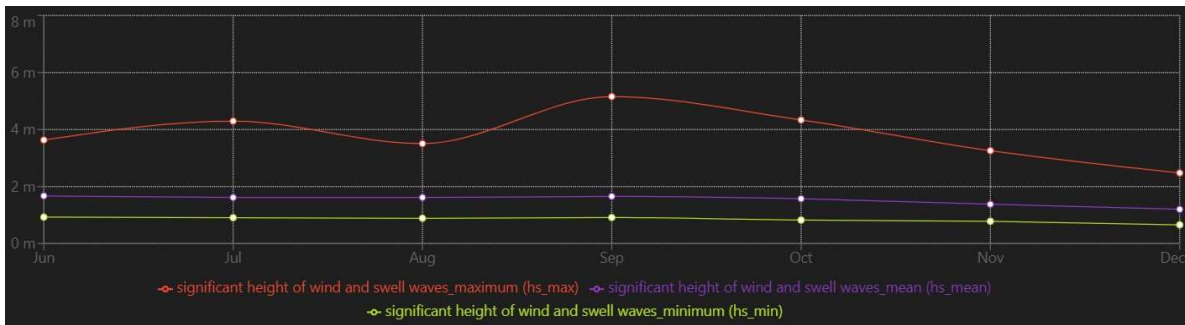


Gráfico No. 6. Altura de olas mensual (periodo lluvioso)

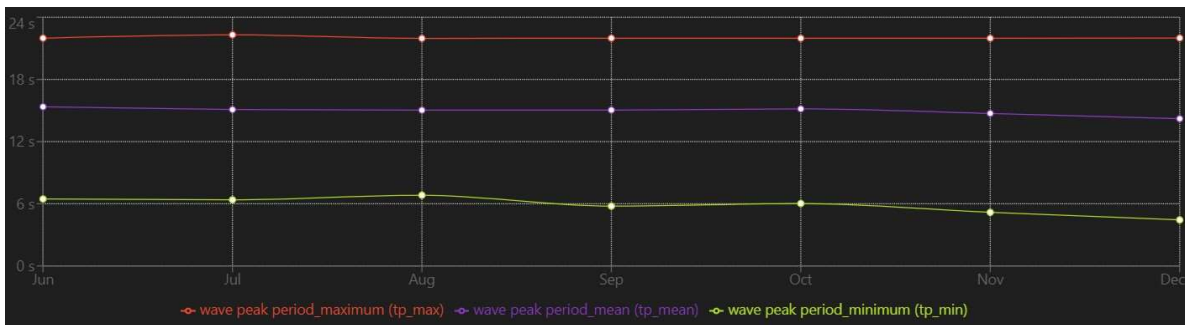


Gráfico No. 7. Periodos de olas mensuales (periodo lluvioso)

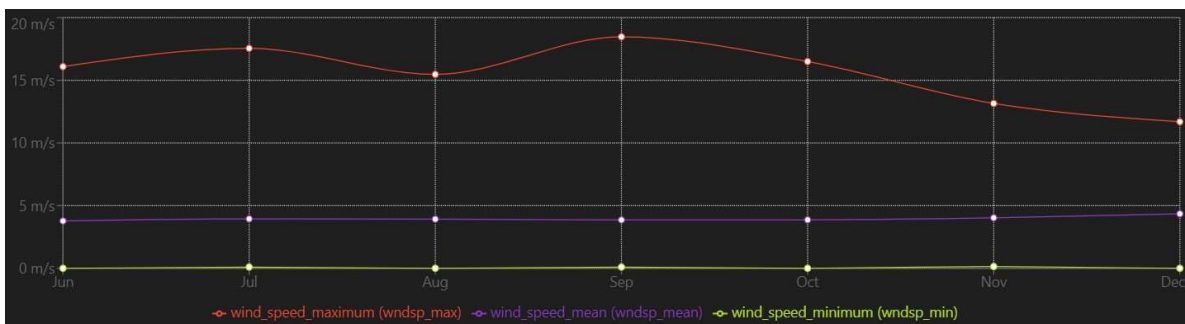


Gráfico No. 8. Velocidad del viento mensual (periodo lluvioso)

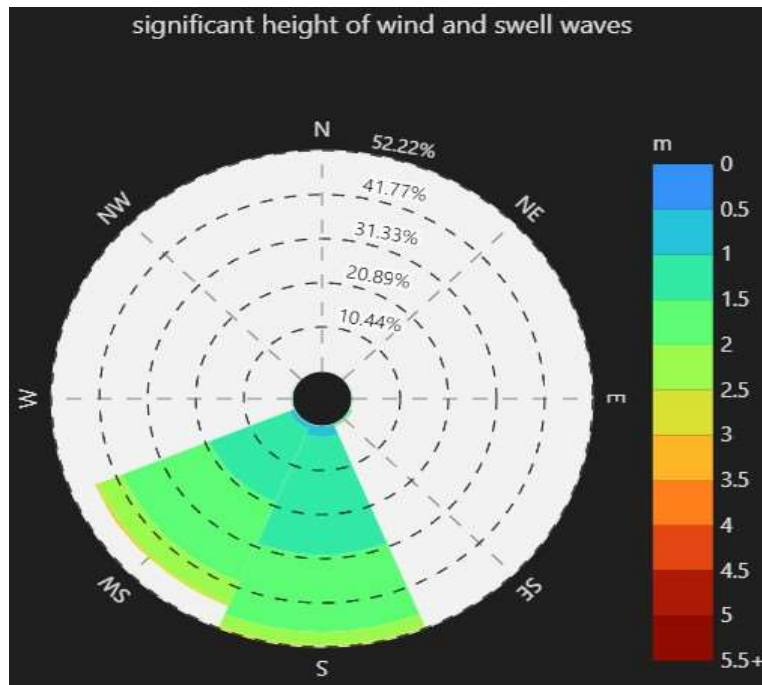


Gráfico No. 9. Rosa de altura de ola y mar de fondo (periodo lluvioso)

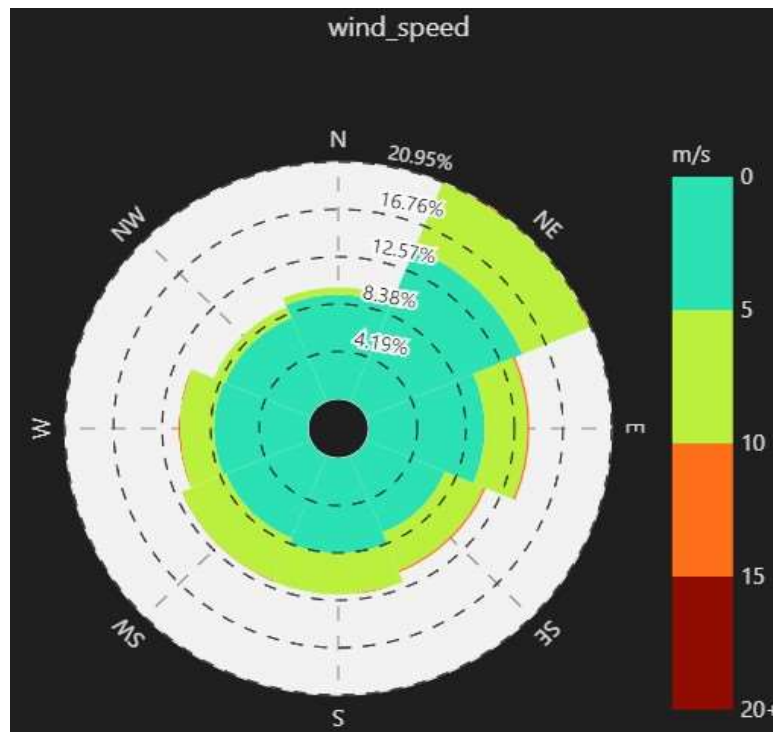


Gráfico No. 10. Rosa de velocidad del viento (periodo lluvioso)

Finalmente procedimos a tabular los valores extremos estacionales para diferentes periodos de retorno, obteniendo las siguientes tablas:

Extremos estacionales medios en: **enero**

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	3,3	3,7	3,8	4,1	4,3	4,7	5,2
velocidad del viento <small>m/s</small>	12,7	13,5	13,9	14,6	14,9	15,9	16,8

Extremos estacionales medios en: **febrero**

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	3,2	3,6	3,7	4	4,2	4,6	5,1
velocidad del viento <small>m/s</small>	13	14,2	14,7	15,8	16,3	17,8	19,3

Extremos estacionales medios en: **marzo**

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	3,3	3,7	3,9	4,3	4,5	5	5,6
velocidad del viento <small>m/s</small>	14	15,9	16,7	18,7	19,6	22,4	25,3

Extremos estacionales medios en: **abril**

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,7	3	3,1	3,4	3,6	4	4,5
velocidad del viento <small>m/s</small>	12,7	14,9	15,9	18,2	19,1	22,5	25,9

Extremos estacionales medios en: **mayo**

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,1	2,3	2,4	2,6	2,7	3	3,3
velocidad del viento <small>m/s</small>	10,7	12	12,6	13,8	14,4	16,1	17,8

Extremos estacionales medios en: **junio**

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,4	2,6	2,7	2,9	3	3,3	3,6
velocidad del viento <small>m/s</small>	10,6	12,2	12,9	14,5	15,2	17,4	19,6

Extremos estacionales medios en: **julio**

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,5	2,7	2,8	3	3,1	3,4	3,7
velocidad del viento <small>m/s</small>	10,6	11,9	12,4	13,6	14,2	15,9	17,5

Extremos estacionales medios en: **agosto**

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,3	2,5	2,6	2,8	2,8	3,1	3,4
velocidad del viento <small>m/s</small>	10,5	12	12,6	14,2	14,8	17,1	19,3

Extremos estacionales medios en: **septiembre**

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	1,8	2	2	2,2	2,3	2,5	2,8
velocidad del viento <small>m/s</small>	10,1	11,7	12,4	14	14,7	17,1	19,5

Extremos estacionales medios en: **octubre**

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	1,9	2,2	2,3	2,6	2,7	3	3,4
velocidad del viento <small>m/s</small>	12,2	14,5	15,5	17,9	18,9	22,2	25,6

Extremos estacionales medios en: **noviembre**

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	2,7	3,1	3,3	3,6	3,8	4,3	4,9
velocidad del viento <small>m/s</small>	14,1	17,2	18,5	21,6	22,9	27,5	32,1

Extremos estacionales medios en: **diciembre**

	Período de retorno [años]						
	1	5	10	50	100	1000	10.000
altura significativa del viento y las olas <small>metro</small>	3,1	3,4	3,5	3,8	3,9	4,4	4,8
velocidad del viento <small>m/s</small>	13,4	15,6	16,5	18,8	19,7	23	26,2



Su objetivo es dar una idea general de las condiciones extremas, **pero no son adecuados como estadísticas de diseño final** meta oceánico. Es posible que los valores no capturen la magnitud máxima de los extremos de los ciclones tropicales que son muy frecuentes en esta zona.

## 8. CONCLUSIONES

Datos resultantes durante los meses de enero a mayo (**estación seca**).

Para el caso de la altura de olas generadas por vientos y por mar de fondo, la mayor parte de ellas (59.8%) son de alturas menores a 1.5m y otro 25.5% entre 1.5m y 2.0m siendo el porcentaje mayor las olas con la dirección Sur. Ver tabla No.1.

En cuanto a los periodos de oleajes, el porcentaje más alto de ellas (17.9%) tienen periodos dentro del rango de 13s a 14s; lo que si pudimos observar es que se mantienen en un rango de 12s a 17s y alturas se encuentran entre 0.5m y los 2.0m, lo que demuestra que las olas producidas por viento son menores (no significativas) por ser oleajes bajos a medios y en mayor cantidad olas producidas por mar de fondo, estas olas de mar de fondo tienen alturas hasta de 2.0m. Ver tabla No.2.

En el tema de las direcciones de las olas promedio graficados con los periodos de olas altos (entre 12s a 17s), podemos concluir que el 50.4% de las olas son provenientes del Sur, y otro 30.5% con los mismos periodos son provienen del Suroeste. Ver tabla 3.

Con respecto al tema de los vientos, encontramos 2 grandes grupos el cual debe ser especialmente tomado en consideración para cuando se diseñe la altura y ubicación de las obras de protección (ver tabla 4):

- 70.5% de los vientos se distribuyen casi equitativamente en todas direcciones, sin embargo, son de baja magnitud 0 y 5 m/s.
- 28.2% de los vientos se distribuyen casi equitativamente en todas direcciones, sin embargo, son de media magnitud 5 y 10 m/s.

Los oleajes son de menor impacto durante la estación seca, esto producto de los vientos, sin embargo, para los primeros cuatro meses del año son muy similares en su comportamiento (máximas de 3.60m), tomar en cuenta que las olas medias o promedio (1.442m) son 31.09% la altura de las olas máximas. Sin embargo, para el mes de mayo se incrementa la altura de la ola llegando hasta 4m. Por lo que los diseños deben regirse por los valores máximos. Ver gráfica 1.

Los periodos de las olas durante la estación seca se mantienen bastante constantes y con periodos promedios de 13 segundos que se consideran como de olas producidas por efecto de mar de fondo. Ver grafica 2.

Al igual que la altura de los oleajes, la velocidad de los vientos aumenta para el mes de mayo (14.615m/s), a tener en cuenta para el diseño. Los demás meses simula mantener las velocidades mínimas y promedio constantes. Ver gráfica 3.

Después de crear gráficas de altura de olas (tipo rosa de los vientos), confirmamos que gran parte de los vientos provienen de Sur y Suroeste con un alto porcentaje (93.99%), sin embargo, la mayor parte de estas olas son de alturas medias (1.0 a 2.0m). Ver gráfica 4.

Igualmente, para el tema de las velocidades de los vientos pudimos confirmar su alto porcentaje de las olas de 5 a 10 m/s que son provenientes de Noreste; en este punto también debemos tener especial atención a los vientos provenientes del Sur ya que son los de mayor intensidad. Ver gráfica 5.

Datos resultantes durante los meses de junio a diciembre (**estación lluviosa**). Para esta estación los valores de oleajes, vientos y periodos son muy similares al de la temporada seca.

Para el caso de la altura de olas generadas por vientos y por mar de fondo, la mayor parte de ellas (85.3%) son de alturas menores a 2.0m; siendo el porcentaje mayor las olas entre 1m y 1.5m con la dirección Sur y Suroeste. Ver tabla 5.

En cuanto a los periodos de oleajes, el porcentaje más alto de ellas (41.1%) tienen periodos dentro del rango de 12s a 17s, esto para altura de olas entre 1.0m y 1.5m; también encontramos un rango de periodo de oleaje alto (30.9%) para periodos de 13s a 17s estos con alturas entre 1.5m y 2.0m; al igual que durante la estación seca se observó que se mantienen en un rango de 6s a 10s los porcentajes altos y medios y alturas se encuentran entre 0.5m y los 2.0m, lo que demuestra que la mayoría son olas producidas por efecto de mar de fondo por ser oleajes bajos a medios y en menor cantidad olas producidas por viento. Ver tabla 6.

Al igual que para los gráficos de las direcciones de las olas promedio graficados con los periodos de olas, podemos concluir que el 84.1% de las olas con periodos entre 6 a 10 segundos provienen del Sur y Suroeste. Para tener en cuenta al momento de crear el diseño de la estructura. Ver tabla 7.

Con respecto al tema de los vientos, encontramos 2 grandes grupos el cual debe ser especialmente tomado en consideración para cuando se diseñe la altura y ubicación de las obras de protección (ver tabla 8):

- 73.6% de los vientos se distribuyen casi equitativamente en todas direcciones, sin embargo, son de baja magnitud 0 y 5 m/s.
- 25% de los vientos se distribuyen casi equitativamente en todas direcciones, sin embargo, son de media magnitud 5 y 10 m/s.

Las alturas de las olas son constantes durante los meses de junio a septiembre, sin embargo, se muestra un aumento significativo del 45.82% en la altura para el mes de noviembre. Ver gráfico 6.

Los periodos de las olas mantienen su máximo periodo durante los meses de julio llegando a un 16.74 segundos que es un valor alto y va disminuyendo constantemente hasta llegar a su menor valor en los meses de diciembre con 11.34 segundos. Ver gráfico 7.

La gráfica de las velocidades de los vientos muestra dos tendencias marcadas:

- Los valores de las velocidades mínimas y medias son constantes durante todo el periodo de la estación lluviosa, Existe un marcado valor que se incrementa para el mes de agosto en cuanto a las velocidades máximas y que vuelve a regularse para los siguientes meses. Ver gráfico 8.
- En cuanto a la altura de la ola se mantiene una similitud en cuanto al comportamiento en ambas estaciones, confirmamos que gran parte de los vientos provienen de Nordeste con un alto porcentaje (90.59%), sin embargo, la mayor parte de estas olas son de alturas medias (0.5 a 2.5m). Ver gráfica 9.
- Igualmente, para el tema de las velocidades de los vientos pudimos confirmar su alto porcentaje de las olas de 0 a 5 m/s que son provenientes de Oeste y Noroeste; los vientos provenientes del Norte y Noreste que son los de mucho menor intensidad y cantidad con vientos de 0 a 5m/s. Ver gráfica 10.
- Finalmente hay que mencionar que, aunque no es parte del estudio oceanográfico, se debe tomar en consideración el tema meteorológico y cantidad de lluvia por temporada, estadísticamente en promedio para esta área caen unos 450mm anuales en temporada seca, sin embargo, en temporada lluviosa se incrementa hasta 2600mm anuales, además de ser muy marcado el aumento de precipitación en la costa norte del país.



## 9. FUENTE DE DATA OCEANOGRÁFICA

Toda la data histórica de los cinco parámetros oceanográficos se obtuvo de la Base de Datos de **METOCEANVIEW.com**, esta aplicación es una herramienta meteorológica de alta resolución basada en la web para la gestión de operaciones marítimas.

Una sólida plataforma para acceder a, monitorear y manejar información meteorológica, en un dominio de alta resolución para operaciones.

Los modelos de pronóstico oceanográficos y atmosféricos de última tecnología diseñados por MetOcean Solutions suministran información detallada y fiable para cualquier lugar. Herramientas innovadoras para asistir a operadores portuarios, prácticos, capitanes de remolcadores y gerentes de empresas marítimas en la toma de decisiones informadas en el mar o en el puerto.

